



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad  
y confiabilidad de los equipos del proceso productivo de una  
Curtiembre.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTOR:**

Silva Cotrina, Santos Eduardo (ORCID:0000-0002-8338-151X)

**ASESOR:**

Mg. De La Cruz Araujo, Ronal Abel (ORCID: 0000-0003-3551-184X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas y Planes de Mantenimiento

**TRUJILLO - PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

A mis padres por la confianza puesta en mí para salir adelante, el apoyo constante durante toda mi formación profesional para el cumplimiento y desarrollo de todas mis metas propuestas.

A mis hermanos que siempre me brindaron su apoyo incondicional y estuvieron a mi lado en mi crecimiento dentro del hogar.

## **Agradecimiento**

Agradecer a Dios por iluminarme día a día y guiarme por el buen camino permitiéndome ir cumpliendo cada uno mis sueños.

A mis padres por enseñarme valores durante mi formación y que ayudaron a convertirme en un hombre de bien para la sociedad, por el esfuerzo diario que tuvieron para poder concluir mi carrera profesional y la confianza que siempre depositaron en mí.

A mis hermanos que estuvieron apoyándome durante toda la vida, con los cuales compartimos grandes experiencias durante todo nuestro crecimiento dentro del hogar y sobretodo manteniéndonos siempre en unión familiar.

Al ingeniero Ronal Abel De La Cruz Araujo por el asesoramiento brindado durante el desarrollo de la elaboración de tesis.

A los docentes de la universidad Cesar Vallejo que con sus enseñanzas impartidas y amplios conocimientos contribuyeron para el desarrollo de la carrera profesional.

## Índice de contenidos

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	15
3.2. Variables y operacionalización.....	15
3.3. Población y muestra.....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimientos .....	20
3.6. Métodos de análisis de datos.....	21
3.7. Aspectos éticos .....	21
IV. RESULTADOS .....	22
4.1. Análisis de la situación del mantenimiento en la curtiembre. ....	22
4.2. Cálculo de criticidad en los equipos de la curtiembre Boreal S.AC .....	24
4.3. Cálculo de los indicadores actuales de mantenimiento.....	25
4.4. Elaboración del plan de mantenimiento preventivo RCM.....	37
4.4.1. Codificación de equipos.....	38
4.4.2. Reconocimiento de las fases del proceso productivo .....	38
4.4.3. Historial de fallas .....	40
4.4.4. Determinación del modo y efecto de falla (AMEF).....	42

4.4.5. Acciones preventivas.....	46
4.4.6. Tiempo programado para la ejecución del plan de mantenimiento...	49
4.5. Simulación de los nuevos indicadores de mantenimiento.....	51
4.6. Realización del análisis del costo – beneficio. ....	61
V. DISCUSIÓN.....	71
VI. CONCLUSIÓN.....	75
VII. RECOMENDACIONES .....	76
REFERENCIAS.....	77
ANEXOS .....	81

## Índice de tablas

Tabla 1. Ponderación de factores de criticidad.....	10
Tabla 2. Matriz de criticidad de equipos.....	10
Tabla 3. Índice de número de prioridad de riesgos.....	12
Tabla 4. Análisis de criticidad.....	24
Tabla 5. Matriz de criticidad de los equipos de la curtiembre.....	25
Tabla 6. Codificación de los equipos de la curtiembre.....	38
Tabla 7. Historial de fallas en los equipos de la curtiembre Boreal S.A.C.....	40
Tabla 8. Modos y efectos de fallas en los equipos.....	42
Tabla 9. Tareas del plan de mantenimiento en la curtiembre Boreal S.A.C.....	46
Tabla 10. Tiempos de ejecución de las tareas preventivas.....	49
Tabla 11. Estimación del lucro cesante en la curtiembre Boreal S.A.C.....	62
Tabla 12. Costos de mano de obra por mantenimiento preventivo.....	64
Tabla 13. Repuestos e insumos necesarios para almacén.....	67
Tabla 14. Cronograma de pagos mensuales de la empresa.....	69
Tabla 15. Flujo neto de la caja de inversión.....	70

## Índice de figuras

Figura 1. Tambor o botal de madera.....	16
Figura 2. Máquina descarnadora tipo rodillo.....	16
Figura 3. Máquina divididera.....	17
Figura 4. Maquina secadora de vacío.....	18
Figura 5. Rebajadora.....	19
Figura 6. Diagrama de Ishikawa del estado actual del mantenimiento.....	22
Figura 7. Diagrama de la estructura del área de mantenimiento.....	23
Figura 8. Tiempo de producción anual.....	26
Figura 9. Número de fallas de los equipos.....	26
Figura 10. Tiempo total de reparación de los equipos.....	27
Figura 11. Tiempo neto de producción de los equipos.....	28
Figura 12. Tiempo promedio para reparar los equipos.....	29
Figura 13. Tiempo promedio entre fallas .....	30
Figura 14. Resultado de la tasa de fallas en los equipos.....	31
Figura 15. Tasa de reparación en los equipos.....	32
Figura 16. Disponibilidad actual de los equipos de la curtiembre.....	33
Figura 17. Confiabilidad actual de los equipos de curtiembre.....	34
Figura 18. Mantenibilidad actual de los equipos de la curtiembre.....	35
Figura 19. Indicadores globales de mantenimiento.....	37
Figura 20. Diagrama del proceso productivo de la curtiembre.....	39
Figura 21. Estimación del nuevo número de fallas en las maquinarias.....	51
Figura 22. Estimación del tiempo total de reparación.....	52
Figura 23. Estimación del tiempo neto de producción.....	52
Figura 24. Tiempo promedio para reparar.....	53
Figura 25. Tiempo promedio entre fallas de los equipos.....	54
Figura 26. Tasa de fallas.....	55
Figura 27. Tasas de reparación de los equipos de la curtiembre.....	56
Figura 28. Estimación de la nueva disponibilidad de los equipos.....	57

Figura 29. Estimación de la nueva confiabilidad de los equipos.....	58
Figura 30. Estimación de la nueva mantenibilidad de los equipos.....	59
Figura 31. Nuevos indicadores globales de mantenimiento.....	60



## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general elaborar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos del proceso productivo de una curtiembre. Se inició la investigación reconociendo la situación del mantenimiento que se realizaba a las maquinarias en la curtiembre Boreal S.A.C. Seguidamente se realizó un análisis de criticidad determinando a la divididera, tambor y descarnadora como equipos críticos. Luego se calculó los indicadores de mantenimiento actuales de las maquinarias obteniendo de forma global un 91.5% de disponibilidad, 75.26% de confiabilidad y 16.21% de mantenibilidad, se identificó a la divididera y descarnadora como los equipos con más bajos indicadores de mantenimiento 82.9% y 89.9% de disponibilidad respectivamente. Posteriormente se elaboró el plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM. Se realizó la simulación de los nuevos indicadores de mantenimiento logrando incrementar de manera global la disponibilidad en 5%, la confiabilidad en 12.74% y mantenibilidad en 12.97%. Finalmente se realizó un análisis costo-beneficio del plan de mantenimiento determinando una inversión de S/ 18 400 y así mismo se obtuvo un retorno de inversión de 31 meses. Los resultados obtenidos demuestran la rentabilidad del plan de mantenimiento preventivo.

**Palabras clave:** Mantenimiento Preventivo, Disponibilidad, Confiabilidad, Curtiembre.

## ABSTRACT

This research had the general objective of preparing a preventive maintenance plan to improve the availability and reliability of equipment in the production process of a tannery. The investigation began recognizing the situation of the maintenance that was carried out on the machinery in the tannery Boreal S.A.C. Subsequently, a criticality analysis was carried out, determining the dividing machine, drum and shear as critical equipment. Then the current maintenance indicators of the machinery were calculated, obtaining globally 91.5% of availability, 75.26% of reliability and 16.21% of maintainability, the dividing machine and dehorner were identified as the equipment with the lowest maintenance indicators of 82.9% and 89.9% availability respectively. Subsequently, the preventive maintenance plan was developed based on the RCM methodology. The simulation of the new maintenance indicators was performed, achieving a global increase in availability of 5%, reliability of 12.74% and maintainability of 12.97%. Finally, a cost-benefit analysis of the maintenance plan was carried out, determining an investment of S / 18,400, and a return on investment of 31 months was also obtained. The results obtained demonstrate the profitability of the preventive maintenance plan.

**Keywords:** Preventive Maintenance, Availability, Reliability, Tannery.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Desde los inicios de la evolución el hombre y los animales han estado ligados en el desarrollo de la vida cotidiana, con el transcurrir del tiempo se le ha dado diferentes usos a las pieles de los animales.(Martínez et al, 2018). Las curtiembres son las encargadas de transformar las pieles de los animales en cuero para uso industrial, en la actualidad el sector curtiembre aún prevalece a nivel mundial como una de las principales actividades y que genera empleo para muchas personas. (Martínez et al, 2018). Los principales productores de cuero a nivel mundial son China, Corea, Hong Kong, Indonesia y Brasil, todos estos países cuentan con maquinarias de alta tecnología. (Puelles, 2016).

En el Perú las exportaciones en los últimos siete años han alcanzado un incremento anual del 31.3%, de esta manera se logrado incrementar la participación de las curtiembres en las exportaciones a nivel nacional. (Escudero, 2016).

La región La Libertad ocupa el 40% de fabricantes del cuero a nivel nacional, este sector comprende a las curtiembres, fabricantes minoritarios de calzado y distribuidores. (Encuentro económico, 2013).

Las máquinas se han modernizado y muchas de ellas son de alta complejidad y también de un valor económico considerable, por estos motivos las actividades de conservación de la operatividad de las máquinas requieren no solo de mano de obra calificada, sino también de un plan de mantenimiento eficaz, eficiente y oportuno. (Casas, 2017).

El mantenimiento de los activos en la actualidad debe considerarse un negocio y no un gasto para las empresas. (Díaz et al, 2016) (Azoy, 2014).

Muchas empresas, principalmente las empresas que realizan actividades productivas han designado personal que se dedica exclusivamente a planificar y ejecutar las tareas de mantenimiento, pero también hay empresas pequeñas de servicios que tienen pocos equipos y máquinas donde el mantenimiento a menudo se considera una actividad secundaria y no es incluido dentro de los planes y objetivos de la empresa. (Casas, 2017).

En la Curtiembre del distrito de La Esperanza, el mantenimiento que se ha realizado anteriormente en todo los equipos de la organización no ha sido eficiente debido a que nunca ha tenido un calendario de mantenimiento debidamente programado para cada equipo, en la mayoría de los casos, era normal que suceda alguna actividad adicional para incidir en las revisiones o reparaciones provocando la paralización de la producción, pérdidas económicas por compras de repuestos, etc. (Curtiembre Boreal S.A.C).

En consecuencia, esta investigación analizará las condiciones actuales de la organización, comenzando por revisar su proceso de producción del cuero. A continuación, identificar cuál es la etapa de mayor consideración y cuáles son los equipos con menor disponibilidad para enfatizar las tareas preventivas. Asimismo se recopilará el historial de fallas del año 2019 con la finalidad de reconocer cuales son las fallas más frecuentes en los equipos, las fallas serán agrupadas en primarias y secundarias de acuerdo a la frecuencia con las que se presenten. Se propondrá el plan de mantenimiento detallando las tareas preventivas para los equipos del proceso, asimismo se establecerá la frecuencia de los diferentes mantenimientos preventivos acumulados para que sean realizados en el tiempo especificado.

En este trabajo se propuso un plan de mantenimiento preventivo para una Curtiembre; el plan de mantenimiento propuesto permitirá incrementar la disponibilidad y confiabilidad de sus equipos relacionados con su actividad principal con el objetivo que no se produzcan retrasos en las operaciones a causa del mal funcionamiento de éstas y por consiguiente se pueda llegar a las metas de producción de la empresa.

Con todas las dificultades mencionadas en la curtiembre Boreal S.A.C, se define la siguiente interrogante como planteamiento del problema: ¿En qué medida mejorará la disponibilidad y confiabilidad de los equipos del proceso productivo de una curtiembre con la elaboración del plan de mantenimiento preventivo?

Y generando el siguiente planteamiento de la hipótesis: La elaboración del plan de mantenimiento preventivo mejorará gradualmente la disponibilidad y confiabilidad de los equipos del proceso productivo de una curtiembre.

Para la propuesta del plan de mantenimiento se presentan las siguientes justificaciones: En cuanto a conveniencia (Hernandez et al, 2014), manifiestan que el propósito de completar la investigación se debe al interés que tiene la organización de controlar y garantizar la actividad de las máquinas para proporcionar su funcionamiento en el momento que sean requeridos en su proceso productivo. Asimismo, se tiene como justificación económica el deseo de disminuir los costos en cuánto a mantenimientos correctivos que se han desarrollado anteriormente en la empresa, aumentar la producción e incrementar el índice de disponibilidad de los equipos para de ésta manera disminuir gastos innecesarios. (Hernandez et al, 2014). Adicionalmente la investigación tiene utilidad metodológica al plantearse como alternativa para servir de referencia a futuros trabajos de aplicación y apoyo para otras curtiembres. (Hernandez et al, 2014).

Para el desarrollo de la investigación se planteó el siguiente objetivo general: Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos del proceso productivo de una curtiembre. En base al objetivo general se planteó los siguientes objetivos específicos para los equipos del proceso productivo de una curtiembre: (1) analizar la situación actual del mantenimiento en la curtiembre, (2) realizar análisis de criticidad en los equipos, (3) calcular la disponibilidad y confiabilidad actual de los equipos, (4) elaborar el plan de mantenimiento preventivo en base a la metodología RCM, (5) simular la nueva disponibilidad y confiabilidad de los equipos, finalmente, (6) analizar el costo-beneficio del plan de mantenimiento preventivo.

## **II. MARCO TEÓRICO**

En cuanto a los estudios de investigación desarrollados anteriormente se presenta los siguientes antecedentes, (Vasquez, 2016) realizó una evaluación a 14 maquinarias de la empresa Representaciones y Servicios Técnicos América S.R.L en el año 2015, donde se determinó que hubo fallas que generaron 1768 horas de reparación, se encontró bajos indicadores de mantenimiento como la disponibilidad en 87.17%, confiabilidad 78.33% y mantenibilidad 12.94% que generaban a la empresa gastos económicos en producción calculados en S/ 298 400 nuevos soles. Posteriormente realizó un análisis de criticidad para todos los equipos dónde identifico 8 maquinarias críticas. Finalmente elaboró un plan de mantenimiento basado en el riesgo, en hojas de información y toma de decisiones para las máquinas identificadas como críticas con lo cual se incrementó la disponibilidad en 92.23%, la confiabilidad 87.05% y mantenibilidad 12.83%.

En la investigación desarrollada, (Chávez et al, 2016) propusieron un plan de mantenimiento preventivo donde recopilaron información mediante visitas a la empresa, usaron las técnicas de observación y entrevista a los operarios de cada maquinaria, realizaron el listado de equipos del proceso de producción y luego un análisis de criticidad obteniendo cinco equipos identificados como críticos. Posteriormente se calculó la disponibilidad inicial, luego se desarrolló el plan de mantenimiento preventivo estableciendo las tareas a realizar en cada uno de los equipos. Asimismo se realizó una comparación del indicador de disponibilidad obteniendo un incremento global de 12.93% en las cinco maquinarias, para la implementación del plan de mantenimiento se invirtió la cantidad de 52 256 nuevos soles. Se demostró que el proyecto es rentable al obtener un Valor Neto Actual (VAN): 20 276.89 nuevos soles y una tasa interna de retorno (TIR) de 29.61%.

En el estudio realizado, (Delgado, 2019) propuso un plan de mantenimiento para la empresa Interagua C. LTDA, utilizando la metodología AMFE donde identificó los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos, se determinó la inoperatividad de los grupos de bombeo en 573 horas lo que generaba una pérdida económica de 1 217 997,15 dólares, al establecer la propuesta del plan de mantenimiento se disminuyó las horas de inoperatividad a 373 horas obteniendo un beneficio económico de 747 492,00 dólares, finalmente se determinó un TIR de 23% y VAN 140 338,00 dólares, recuperando la inversión en el quinto periodo trimestral, confirmando la rentabilidad del estudio.

Mediante un estudio, (Villegas, 2016) realizó una propuesta de gestión de mantenimiento que mejoró el funcionamiento de la compañía al incrementar la disponibilidad de las máquinas del 68.3% al 78.5%, además que desarrolló los procedimientos y las coordinaciones de la compañía, se establecieron los procedimientos de la gestión que aumentaron la efectividad de la organización, esto rebajó considerablemente los gastos de alquiler en S/ 124,877.80 en el tiempo de 02 años. Asimismo se implementaron el proceso de gestión de mantenimiento y logística que aumentaron la efectividad de la empresa. Finalmente se realizó un análisis costo beneficio determinando que la propuesta se pudo desarrollar con una inversión de S/ 73 300.

En su investigación, (Morales, 2019) desarrolló una auditoría de mantenimiento en la curtiembre Piel Trujillo donde se verificó el estado actual de las maquinarias, la estimación de los indicadores y el costo por año de S/ 123,699 en mantenimiento. Luego se completó una investigación de criticidad donde se identificaron 9 equipos para ser analizados, en este sentido, se inició con la gestión de mantenimiento, donde se recolectó información de las fallas más potenciales para el avance del plan de mantenimiento, así como también las tareas esenciales a realizar para disminuir las paradas de las maquinarias y su posterior programación para el año 2018. En ese momento, se evaluaron los nuevos marcadores de mantenimiento para las 9 máquinas críticas, lo que produjo una expansión del 10% en disponibilidad, 18% de confiabilidad, 16% en mantenibilidad.

A través de un análisis, (Puelles, 2016) realizó un estudio del área de producción de la curtiembre Comercializadora y Servicios Trujillo S.A.C. a través de visitas y datos proporcionados por la organización, en los que era posible reconocer sus problemas en el área de mantenimiento para luego intentar resolverlos. Se avanzó en el proceso de división reparando la máquina divididera adicional que tiene la organización, lo que generaba pérdida económica a la organización de S/ 43 357.50, se pudo reparar la máquina invirtiendo S/ 17 030 y generando de ésta manera una ganancia de S/ 26 327.50 para la empresa.

A continuación se describen las teorías que se enfocan en el marco de la investigación referente a mantenimiento preventivo de equipos industriales. Según (García, 2012) describe al mantenimiento como el grupo de actividades desarrolladas con el propósito de extender la vida útil de las maquinarias por un largo periodo de tiempo.

En una definición más moderna (Cuba, 2018), define al mantenimiento como el capital humano que asegura la operatividad de una máquina. El mantenimiento es considerado un apoyo directo al área de producción de toda empresa. (Ortiz et al, 2013) (Marrero et al, 2019).

Entre los tipos de mantenimiento están: El mantenimiento predictivo, también llamado mantenimiento bajo condición, es el sistema de evaluación que permite con anticipación identificar una futura falla en un equipo. (Sánchez, 2017) (Pastor, 2019).

En el mantenimiento predictivo el equipo se somete a actividades de control de manera continua o a intervalos cuando el equipo está en funcionamiento; las actividades de control se realizan utilizando instrumentos como termógrafos, equipos de análisis de vibraciones y otros transductores que permiten detectar una posible falla antes que se produzca; basándose en los resultados se planifican o realizan acciones de reparación tan pronto como sea posible. (Valdiviezo, 2017) (Allali, 2016).



Entre sus ventajas del mantenimiento predictivo tenemos: Presenta mayor confiabilidad al ser aplicado por personal bien capacitado, los equipos utilizados muestran datos exactos de la maquinaria estando en funcionamiento. (Buelvas et al, 2014) (Cedeño et al, 2016).

Entre sus principales desventajas está el elevado costo de su implementación al utilizar equipos de precisión, la contratación de personal calificado para desempeñar tales funciones, requiere de mucho mayor tiempo de programación. (Buelvas et al, 2014).

El mantenimiento preventivo según (Salgado et al, 2018) lo define como acciones preventivas que tienen tiempos de ejecución ya establecido y que tienen el propósito de incrementar la confiabilidad de las maquinarias. Es programable y su objetivo es evitar una falla o parada inesperada del equipo. Generalmente comprende tareas de limpieza, lubricación, inspección y ajuste. (Cuba, 2018).

El mantenimiento preventivo está referenciado a no esperar que un equipo falle para realizar su reparación. (Alavera et al, 2016).

Sus principales ventajas del mantenimiento preventivo son el menor costo por su implementación en los equipos, reducción de paradas imprevistas por fallas o fugas en los equipos, mejor manejo de la información con respecto a los mantenimientos realizados. (Buelvas et al, 2014) (Cucaita, 2020).

El mantenimiento preventivo nos ayuda a disminuir los tiempos que podrían generarse por mantenimientos correctivos. (Calderón, 2018).

El mantenimiento correctivo son arreglos que se efectúan deteniendo la producción y tienen dos orígenes: a) reparaciones detectadas en el mantenimiento preventivo o predictivo, estas tareas se puedan programar de acuerdo a la disponibilidad del área de producción y b) Reparaciones como consecuencia de un fallo imprevisto; estas reparaciones generan interrupción en la producción. (Amendola, 2012) (Tiglla, 2019).

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), es un método que sirve para construir un plan de mantenimiento en una empresa y exhibe algunos puntos significativos de interés sobre diferentes procedimientos que deben ser seguidos en su elaboración. Al principio se produjo para el rubro de la aeronáutica, donde no se obtuvieron los resultados más satisfactorios en cuanto a seguridad de la ruta aérea en su implementación. Más tarde se trasladó al campo militar y posteriormente al rubro industrial, tras comprobar los buenos rendimientos que había presentado. En la actualidad es usado en múltiples rubros industriales como: automotriz, producción, etc. (Baez et al, 2004).

El objetivo básico del RCM es incrementar su índice de fiabilidad, en otras palabras reducir el tiempo de inoperatividad de los equipos, con esto conseguir aumentar la disponibilidad, la disminución de los gastos económicos en reparación y en el número de fallas. Asimismo contribuye con un mejor reconocimiento y distribución de la planta o empresa, su aplicación mejora el índice de seguridad en los trabajos de mantenimiento. La Metodología basada en RCM, es la estrategia que incluye terminar una progresión de etapas para cada equipo que conforma un sistema de producción, estas etapas son detalladas a continuación: 1) codificación de equipos y recopilación de la información mediante gráficos, tablas o diagramas, 2) realización de la investigación detallada del proceso de producción en general de la empresa, 3) especificación de las fallas en los equipos separando las fallas primarias y secundarias, 4) evaluación de las causas que generan las fallas en los equipos, 5) realización del análisis de los resultados de cada falla según su gravedad, 6) especificación de las acciones preventivas a tomar en cuenta, 7) elaboración del plan de mantenimiento con todas sus especificaciones de mejora y detallando los tiempo para su realización, 8) puesta en marcha el plan de mantenimiento con todas las especificaciones estipuladas en el informe. (Zorrilla et al, 2010) (Maya, 2018).

En cuanto a criticidad en los activos, en una empresa siempre existen equipos que intervienen de forma directa en el proceso de producción, es decir, son más importantes al momento de evaluar gastos de mantenimiento. Por tal motivo los costos o gastos de mantenimiento deben ser designados a esos equipos que son de mayor importancia. (Garcia, 2003).

El análisis de criticidad sirve para jerarquizar sistemas, equipos, etc. Éste análisis ayuda en la toma de decisiones para establecer a que equipos se realiza el plan de mantenimiento. (Parra et al, 2012) (Daquinta et al, 2018).

La fórmula para calcular la criticidad es la siguiente:

$$Ct = F * C \quad (1)$$

Donde:

Ct = Criticidad

F = Frecuencia

C = Consecuencia

La consecuencia es determinada por los siguientes factores.

$$C = (I.O * F.O) + (C.M) + (I.S.M.A) \quad (2)$$

Donde:

I.O = Impacto Operacional

F.O = Flexibilidad Operacional

C.M = Costo de mantenimiento

I.S.M.A = Impacto de seguridad y medio ambiente

Para realizar los cálculos de criticidad se debe conocer el valor de los siguientes factores.

**Tabla 1.** Ponderación de factores de criticidad.

Frecuencia	
4	Alto, mayor a 2 fallas /año
3	Promedio, de 1-2 fallas /año
2	Buena, 0.5 a 1 fallas/año
1	Excelente, menos de 0.5 fallas /año
Impacto Operacional	
10	Parada de la empresa
7	Parada de una línea de producción
4	Existen daños en producción y calidad
1	No genera daños en la producción
flexibilidad Operacional	
4	No existe opción de repuesto en almacén
2	Existe repuesto compartido/almacén
1	Existe repuesto disponible para cambio
Costos de Mantenimiento	
4	Mayor a S/. 1000
2	Menor a S/. 1000
Impacto de Seguridad y Medio Ambiente	
8	Afecta la seguridad humana
7	Afecta al medio ambiente produciendo daños severos
5	Afecta las instalaciones produciendo daños severos
3	Provoca daños menores ( seguridad - ambiente)
1	No provoca ningún daño a las personas, instalaciones ni ambiente

**Fuente:** (Parra et al, 2012)

La **matriz de criticidad** sirve para jerarquizar o darles la debida importancia a los equipos de acuerdo a los resultados obtenidos. La matriz los define en tres tipos de criticidad.

- Área críticos (C)
- Área medianamente críticos (MC)
- Área no críticos (NC)

**Tabla 2.** Matriz de criticidad de equipos.

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
CONSECUENCIA						

**Fuente:** (Parra et al, 2012)

El amef es un análisis que tiene por finalidad realizar un estudio profundo en cuanto a fallas presentadas en un equipo o maquinaria. Es una herramienta que brinda ayuda para obtener un nivel de calidad en trabajos de mantenimiento. En este análisis se examinan a las fallas presentadas anteriormente con el único propósito de determinar las causas que las generaron y de esta manera tomar las medidas preventivas correctas. (Troncoso et al, 2011) (Espín, 2018).

El modo de falla son todas las opciones en que un equipo puede llegar a fallar, éstos modos de falla pueden llegar a detener el equipo de manera parcial o total. (Goble, 2010 (Montalban et al, 2015).

Una falla puede llegar a estar relacionada al aceleramiento del desgaste de una maquinaria, esto se puede dar por mala lubricación, mala operación, etc. (Berger et al, 2014).

El número de prioridad de riesgos (NPR) es el resultado de realizar la multiplicación de tres índices como son: nivel de Ocurrencia, Gravedad y Detección. Se ubica dentro del desarrollo del Amef. (Maldonado et al, 2007) (Silva, 2019).

Tenemos:

- O: Ocurrencia
- G: Gravedad
- D: Detección

$$NPR = O * G * D \quad (3)$$

Los valores para cada uno de los índices (Ocurrencia, Gravedad y Detección) tendrán una ponderación de 1 a 10 de acuerdo al análisis que se le realice a cada falla, a las fallas se es colocará su ponderación de acuerdo a la frecuencia con las que aparezcan en los equipos.

**Tabla 3.** Índices de número de prioridad de riesgos.

Ocurrencia	
1	Muy escasa probabilidad de ocurrencia. Defecto inexistente en el pasado.
2 - 3	Escasas probabilidades de ocurrencia. Pocos fallos en circunstancias pasadas similares.
4 - 5	Escasas probabilidades de ocurrencia. Defecto aparecido ocasionalmente.
6 - 7	Frecuente probabilidad de ocurrencia. Fallo de cierta frecuencia en el pasado.
8 - 9	Elevada probabilidad de ocurrencia. Fallo bastante frecuente en el pasado.
10	Muy elevada probabilidad de fallo. El fallo se produce frecuentemente.
Gravedad	
1	Infima. El efecto sería imereptible para el usuario.
2 - 3	Escasa. El cliente puede notar el fallo, pero solo provoca una ligera molestia.
4 - 5	Baja, el cliente nota el fallo y le producen cierto enojo.
6 - 7	Moderada. El fallo produce disgusto e insatisfacción en el cliente.
8 - 9	Elevada. El fallo es crítico, provocando alto grado de insatisfacción en el cliente .
10	Muy elevada. El fallo implica problemas de seguridad o no conformidad con los reglamentos en vigor.
Detección	
1	Muy escasa . El efecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado .
2 - 3	Escasa. El defecto podría pasar algún control primario, pero sería detectado.
4 - 5	Moderada. El efecto es una característica de fácil detección.
6 - 7	Frecuente. Defectos de difícil detección que con relativa frecuencia llegan al cliente
8 - 9	Elevada. El fallo es de difícil detección mediante los sistemas convencionales de control.
10	Muy elevada. El defecto con mucha probabilidad llegara al cliente.

**Fuente:** (Vásquez, 2016)

En la tabla 3 se muestra los índices con respecto a los factores en los cuáles se evalúa una falla. Estos factores en su conjunto son denominados número de prioridad de riesgos (NPR) y están conformados por ocurrencia, gravedad y detección.

Los indicadores de mantenimiento son cifras o índices que resultan a partir de los cálculos aplicados a las maquinarias o equipos, los resultados obtenidos expresan el estado actual en el que se encuentra un equipo, toda ésta información recopilada es de suma importancia para estimar costos, tiempos perdidos en reparación. Entre los principales indicadores de mantenimiento tenemos: disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad (Lourival, 1999).

**Disponibilidad:** Es la posibilidad de que una máquina se encuentre en buen estado para su uso en el tiempo que sea requerido. Para estimar cálculos en base a la disponibilidad es necesario calcular el tiempo promedio entre fallas (TPEF) y el tiempo promedio para reparar (TPPR) (Penabad et al, 2016)

El tiempo promedio entre fallas es el espacio de tiempo desde la puesta en marcha de la maquinaria hasta el momento que sucede una falla. Mientras más elevado sea el resultado mayor será el índice de disponibilidad del equipo. Para calcular el TPEF se utilizará la siguiente fórmula (Zorrilla et al, 2010).

TPEF: Tiempo promedio entre fallas.

$$TPEF = \frac{\sum TEF}{N^{\circ} \text{ fallas}} \left( \frac{\text{horas}}{\text{falla}} \right) \quad (4)$$

TPPR: Tiempo promedio para reparar.

$$TPPR = \frac{\sum TPR}{N^{\circ} \text{ fallas}} \left( \frac{\text{horas}}{\text{falla}} \right) \quad (5)$$

Para calcular la disponibilidad se utiliza la siguiente fórmula:

D = Disponibilidad.

$$D = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR} * 100\% \quad (6)$$

**Confiabilidad:** Posibilidad de que un equipo realice su función requerida por un tiempo establecido en condiciones ambientales, de operación, etc. sin presentar fallas. Para el cálculo de la confiabilidad se utiliza el tiempo promedio entre fallas de cada uno de los equipos que se desea analizar. (Mesa et al, 2006). La fórmula de la confiabilidad es la siguiente.

$$\lambda = \frac{1}{TPEF} \quad (7)$$

En la fórmula  $\lambda$  es la tasa de fallas y el tiempo promedio entre fallas (TPEF) se expresa horas/falla. En primer lugar se calcula la tasa de fallas, este resultado se obtiene al dividir 1 entre el tiempo promedio entre fallas (TPEF). Posteriormente se estima un tiempo expresado en horas, finalmente se calcula la confiabilidad (Mesa et al, 2006).

$$C = e^{\frac{-\lambda * t}{100}} \quad (8)$$

**Mantenibilidad:** Posibilidad de que un equipo sea reparado y vuelva a su estado normal de funcionamiento en un tiempo especificado después de que se produce una falla. (Mesa et al, 2006). A medida que menor sea el tiempo utilizado para las labores de mantenimiento y reparación, mucho mayor será el nivel de mantenibilidad. (González et al, 2017). La fórmula de la mantenibilidad es la siguiente.

$$\mu = \frac{1}{TPPR} \quad (9)$$

En la fórmula  $\mu$  es la tasa de reparación y el TPPR es el tiempo promedio para reparar que se expresa en horas/falla. La tasa de fallas se obtiene al dividir 1 entre el tiempo promedio para reparar.

$$M = (1 - e^{\frac{-\mu * t}{100 * 12}}) \quad (10)$$



### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

El tipo de investigación realizada en la presente tesis es aplicada, motivo por el cual reúne tecnología de análisis de diferentes parámetros que ayudaran a la toma de decisiones. (Hernandez et al, 2014).

Según (Hernandez et al, 2014), el método de investigación es cuantitativo pues los sucesos en investigación son susceptibles de ser medidos y se ha utilizado la estadística como mecanismo para el análisis y entendimiento de resultados

El diseño de investigación es descriptivo.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

En cuanto a las variables tenemos dos tipos:

Variable independiente: mantenimiento preventivo.

Variable dependiente: disponibilidad y confiabilidad.

#### **3.3. Población y muestra**

##### **Población:**

Está conformada por todas las maquinarias involucradas en el proceso productivo de la curtiembre.

##### **Equipos y maquinarias de la curtiembre Boreal S.A.C.**

Entre los equipos que están involucrados en el proceso de producción del cuero tenemos: divididera, tambor o botal, descarnadora, secadora, rebajadora, bomba centrífuga, compresor de aire y montacargas.

**Tambor o botal:** Utilizado para extraer el pelo mediante sustancias que sirve para curtir la piel.



**Figura 1.** Tambor o botal de material de madera

**Fuente:** (Gualoto et al, 2016)

En la figura 1 se observa el equipo llamado Tambor o botal que su material de su construcción es de madera resistente al agua. Este equipo tiene la capacidad de curtir hasta 50 pieles, inicialmente se utiliza en el remojo de las pieles y luego es utilizado en los procesos de curtido y recurtido dentro de la producción, cuenta con válvulas de purgado y llaves para evacuar el agua que está dentro en cada proceso.

**Descarnadora:** Sirve para retirar los restos de carne y sebo que estuvieran presentes en la materia prima.



**Figura 2.** Máquina descarnadora de tipo de rodillos.

**Fuente:** (Machine per Concería, Tannery Machine, 2019).

En la figura 2 se observa la máquina descarnadora que se encarga de retirar los restos de carne que están presentes en las pieles, ésta máquina debe ser manipulada por dos operarios que son los encargados de ingresar las pieles y al otro extremo se jalan para ser extraídas, las cuchillas helicoidales son las encargadas de retirar los residuos, justamente las cuchillas son las que presentan mayor desgaste en el funcionamiento de éste equipo.

- **Divididera:** Separa el cuero de los restos de carne.



**Figura 3.** Máquina divididera, marca Suprema- modelo 1550

**Fuente:** (Advanced Leather Performance 2019)

En la figura 3 se aprecia el funcionamiento de la máquina divididera la cual tiene como su función principal separar los restos de carne y sebo provenientes de la materia prima que no pudieron ser retirados en los procesos anteriores, los operadores son los encargados de colocar las pieles extraídas de los animales para que la máquina mediante sus cuchillas helicoidales separe las partes que ya no son útiles para la elaboración del producto final, ésta máquina necesita ser operada por mínimo 3 operadores.

- **Secadora:** Minimiza la humedad en la piel en menos tiempo en comparación al secado en el ambiente.



**Figura 4.** Máquina secadora de vacío, los cueros son ingresados para ser secados y quitarles cualquier resto de humedad

**Fuente:** (Cueronet, biblioteca del cuero)

En la figura 4 se muestra la máquina secadora al vacío, es el equipo donde son ingresados los cueros para ser secados. Esta máquina necesita ser operado por 2 trabajadores por ser de gran tamaño, la gran finalidad es planchar posibles arrugas que pudiera existir en el cuero. Es cerrado por una tapa que consiste en una plancha caliente que conforme pasa el tiempo va secando el producto. Cabe resaltar que el secado al vacío se realiza con más rapidez en comparación al secado al ambiente.

**Rebajadora:** Especifica el diámetro del cuero y también es la encargada de darle textura mediante sus rodillos.



**Figura 5.** Máquina rebajadora para el diámetro y firmeza del cuero.

**Fuente:** (Cueronet, biblioteca del cuero)

En la figura 5 se muestra la máquina rebajadora que se encarga de darle el espesor adecuado al cuero de acuerdo a lo requerido por el cliente. Esta máquina puede ser manipulada por un operador. El espesor del cuero generalmente se encuentra entre 2 y 2.2 mm, de acuerdo a los pedidos que más requieren los clientes. Asimismo también se encarga de darle la textura al cuero al pasar por sus rodillos en el proceso final.

**Muestra:**

La muestra para la presente investigación serán las ocho maquinarias que involucra al proceso productivo (divididera, tambor, descarnadora, secadora, rebajadora, bomba centrífuga, compresor de aire, montacargas) de manera que se puede tener una mejor repartición de la herramienta con respecto a la mejora, así mismo se planea tener resultados a corto plazo.

**3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.****Técnicas**

Las técnicas que se han utilizado en el presente estudio son:

- Análisis documental: fichas técnicas de los equipos.
- La observación: funcionamiento de los equipos.

**Instrumentos**

Los instrumentos utilizados para las técnicas de recolección de datos son:

- Guías documentales: Características y tiempos de funcionamiento de las máquinas.
- Guía observacional.

**3.5. Procedimientos**

En la presente tesis se pretende mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos de una curtiembre, se realizará un análisis del estado actual del mantenimiento. Se iniciará el estudio calculando los indicadores actuales de mantenimiento, luego se realizará un análisis de criticidad a los equipos, se elaborará el plan de mantenimiento preventivo, seguidamente se verificará el incremento de los nuevos indicadores de mantenimiento, para comprobar la rentabilidad del proyecto se realizará un análisis costo-beneficio analizando el ahorro económico que se obtuvo después de la elaboración del plan de mantenimiento preventivo en la empresa.

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

Para el análisis descriptivo se utilizará el programa de Excel 2016 obteniendo:

- ✓ Tablas de frecuencias
- ✓ Gráficos

Para examinar estos datos nos ayudaremos de la estadística descriptiva, empleando tablas de frecuencia y gráficos con sus correspondientes estudios y apreciación.

Para la revisión de la situación del mantenimiento en la empresa se utilizará el diagrama de Ishikawa detallando las deficiencias en el área de mantenimiento.

### **3.7. Aspectos éticos**

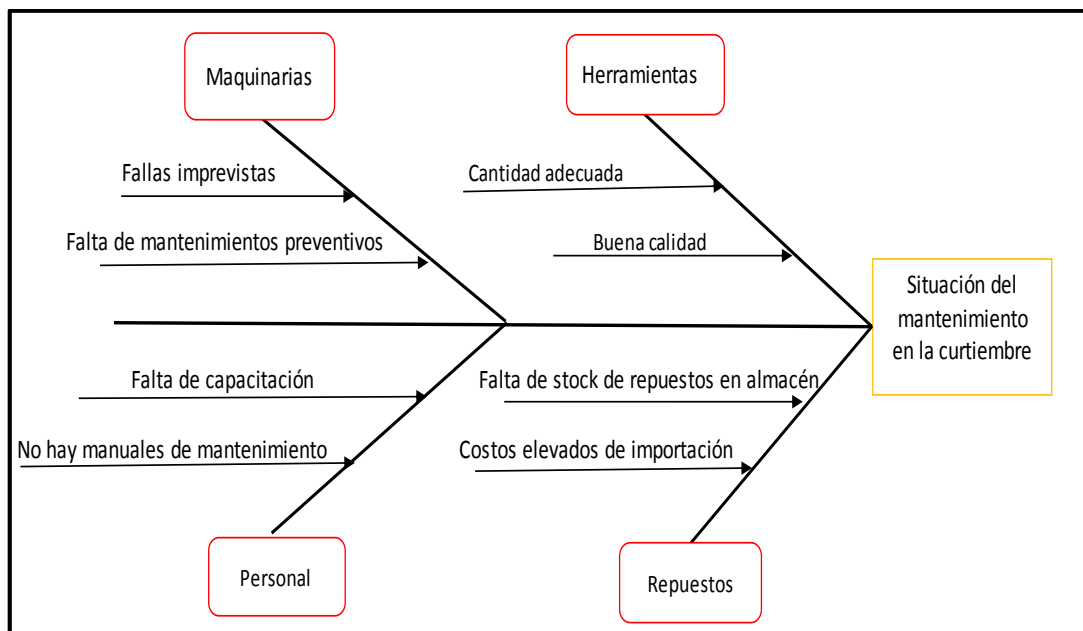
En ejecución con los reglamentos de la conducta en el desarrollo del este trabajo de investigación cumple con los parámetros exigidos por la ética realizada, los datos serán maniobrados únicamente por el tesista. Además, a la dignidad en la toma de la muestra y autenticidad de la información.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Análisis de la situación del mantenimiento en la curtiembre.

La situación respecto al mantenimiento que se estuvo desarrollando en la curtiembre Boreal S.A.C no es el adecuado, en su gran mayoría de actividades fueron relacionadas a mantenimientos correctivos o de reparaciones. La empresa priorizó que la parada de la maquinaria sea por falla o rotura de algún componente, todo ello generó pérdidas económicas, paradas en los tiempos de producción y gastos en los repuestos. (Véase anexo 4).

En cuanto a programas de mantenimiento de las maquinarias no se establecieron tareas específicas para cada una de ellas, por tal motivo no se tuvo un control de las actividades realizadas así como tampoco un registro de incidencias donde se pudiera manejar una data detallada de cada equipo. Además no se contaba con la información de los repuestos que se utilizaron en cada reparación y el stock necesario para poder mantener las maquinarias operativas ante una posible parada (curtiembre Boreal S.A.C).



**Figura 6.** Diagrama de Ishikawa del estado actual del mantenimiento.

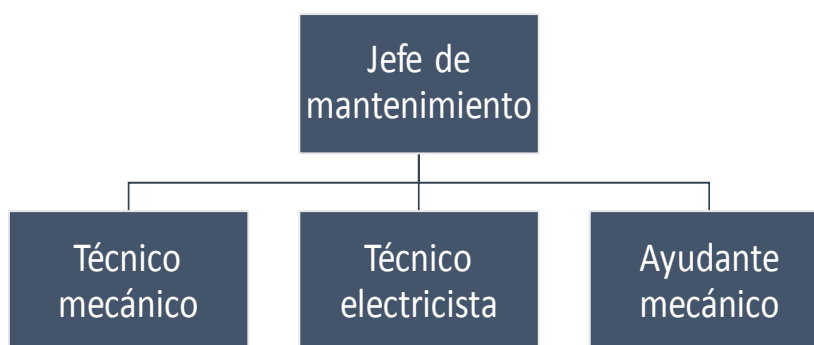
**Fuente:** Curtiembre Boreal S.A.C.



En la figura 6 se muestra el diagrama de Ishikawa donde se aprecia la situación del mantenimiento en la curtiembre Boreal S.A.C, se identifican los problemas que presenta en la actualidad la empresa. Uno de sus problemas más principales es la falta de mantenimiento preventivo que pudiera evitar fallas y paradas innecesarias que retrasan el proceso de producción, asimismo la falta de repuestos hace que los trabajos de mantenimiento generen demoras en su reparación. Por ultimo otro de los principales problemas es la falta de capacitación a los técnicos encargados de las tareas de mantenimiento.

### **Estructura del área de mantenimiento en la curtiembre**

La estructura del área de mantenimiento en la curtiembre Boreal S.A.C. está conformada por el área administrativa (jefe de mantenimiento) encargado de supervisar las tareas de mantenimiento y la recepción de los repuestos que hace entrega el área de almacén para los trabajos de mantenimiento. Asimismo el área técnica (un técnico mecánico, un técnico electricista y un ayudante mecánico) que son los encargados de realizar los trabajo de reparación.



**Figura 7.** Diagrama de la estructura del área de mantenimiento.

**Fuente:** curtiembre Boreal S.A.C.

En la figura 7 se presenta el diagrama de la estructura del área de mantenimiento de la curtiembre Boreal S.A.C detallando el área técnica y administrativa.

#### 4.2. Cálculo de criticidad en los equipos de la curtiembre Boreal S.AC

Para determinar la criticidad de cada uno de los equipos se ha basado en la frecuencia de ocurrencia de fallas multiplicado por la consecuencia de cada una de ellas, con esto se determinaron los equipos críticos, medianamente críticos y no críticos de la empresa.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de acuerdo al análisis realizado a la máquina divididera:

$$Ct = F * C$$

$$F = 4$$

$$C = (7*4) + 2 + 3 = 33$$

$$Ct = 4 * 33 = 132$$

Asimismo se procederá analizar la criticidad para el resto de equipos de la curtiembre.

**Tabla 4.** Análisis de criticidad

Ítem	Código de identificación	Equipos	2019	FF	IO	FO	CM	ISMA	CO	CT
1	PDV – 01	Divididera	25	4	7	4	2	3	33	132
2	PBO – 02	Tambor o botal	16	4	7	4	1	7	36	144
3	PDC – 03	Descarnadora	20	4	7	4	2	3	33	132
4	PSC – 04	Secadora	19	4	4	4	1	1	18	72
5	PRB – 05	Rebajadora	18	4	4	4	2	1	19	76
6	PBC – 06	Bomba centrífuga	17	4	4	4	2	1	19	76
7	PCA – 07	Compresor de aire	15	4	1	4	1	3	8	32
8	PMC – 08	Montacargas	15	4	1	4	1	3	8	32

**Fuente:** Curtiembre Boreal S.A.C.

En la tabla 4 se muestra la ponderación con respecto al análisis de criticidad realizado a las máquinas de la curtiembre.

**Tabla 5.** Matriz de criticidad de los equipos de la curtiembre.

FRECUENCIA	4	40	80	120	160	200
	3	30	60	90	120	150
	2	20	40	60	80	100
	1	10	20	30	40	50
		10	20	30	40	50
	CONSECUENCIA					

**Fuente:** Curtiembre Boreal S.A.C.

#### LEYENDA:

Criticidad alta, color rojo, valores  $CT \geq 90$

Criticidad media, color amarillo, valores  $51 \leq CT \leq 90$

Criticidad baja, color verde, valores  $1 \leq CT \leq 50$

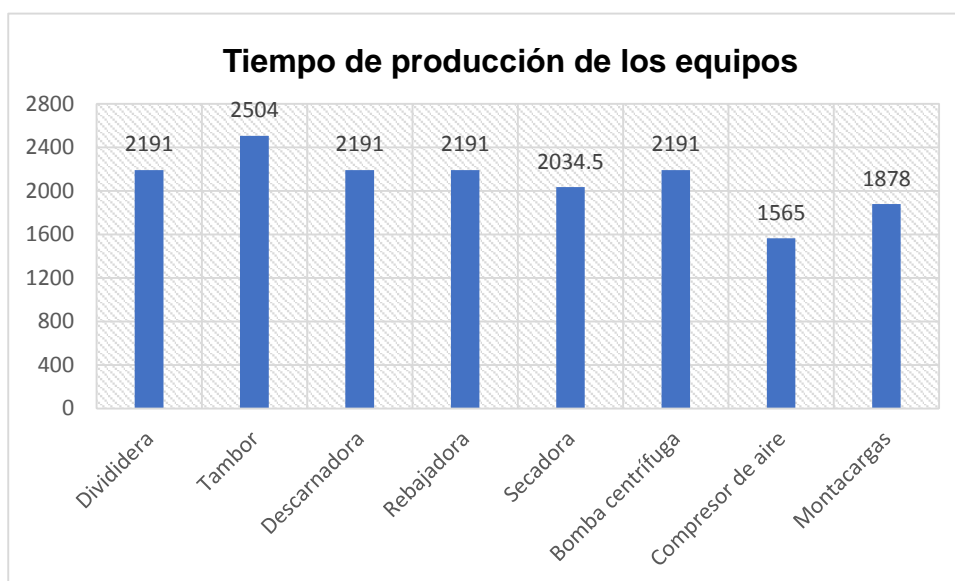
En el análisis de criticidad realizado en los equipos de la curtiembre Boreal S.A.C. se identificaron 3 máquinas críticas (descarnadora, divididera, tambor), asimismo se determinó a la rebajadora, secadora y bomba centrífuga como equipos con criticidad media. Finalmente el compresor de aire y el montacargas fueron determinados como equipos no críticos dentro del análisis.

#### 4.3. Cálculo de los indicadores actuales de mantenimiento.

Para calcular la disponibilidad actual de las maquinarias en la curtiembre Boreal S.A.C se recolectaron los datos con respecto a las horas de funcionamiento diario, del número de fallas y horas de reparación. Todos los datos serán reflejados mediante gráficos de barras.

Los equipos que fueron analizados son: divididera, tambor, descarnadora, secadora, rebajadora, bomba centrífuga, compresor de aire, montacargas.

**A) Tiempo de producción de los equipos de la curtiembre Boreal S.A.C.**

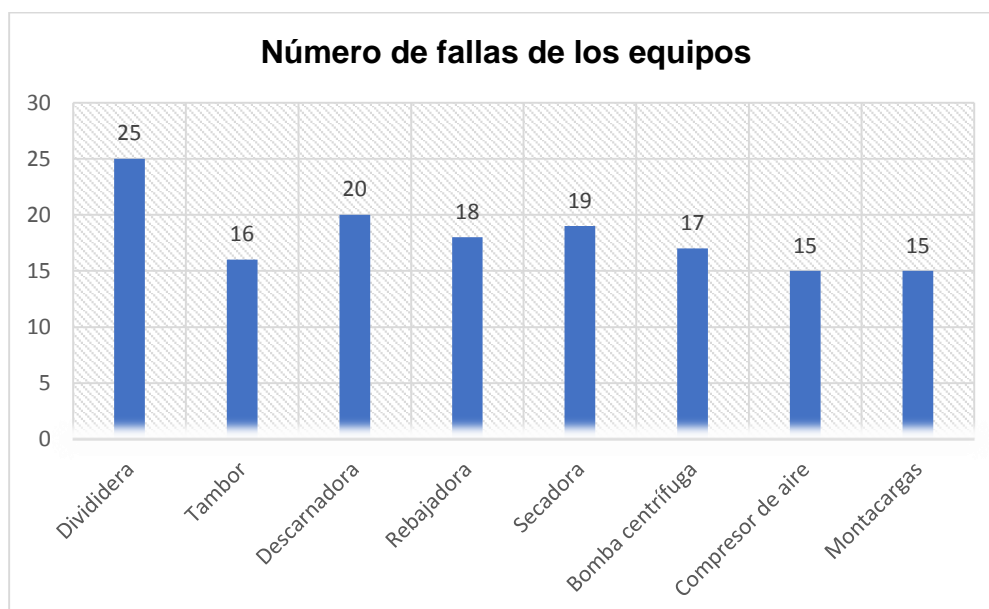


**Figura 8.** Tiempo de producción anual.

**Fuente:** Curtiembre Boreal S.A.C.

En la tabla 8 se detalla las horas de trabajo de cada máquina haciendo un análisis en un periodo del año 2019 (313 días laborales).

**B) Número de fallas presentes en los equipos del proceso productivo de la curtiembre.**

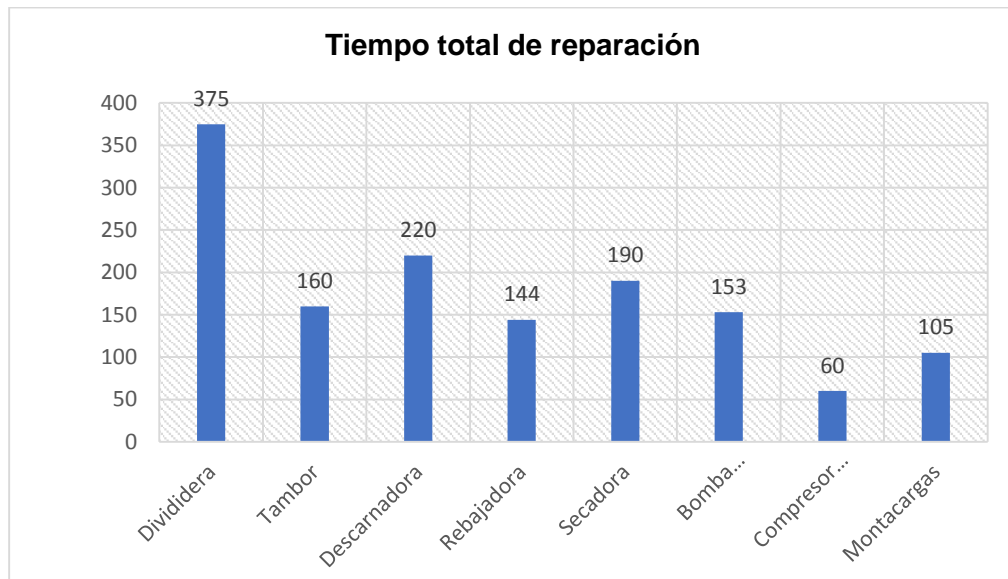


**Figura 9.** Número de fallas de los equipos de la curtiembre.

**Fuente:** Curtiembre Boreal S.A.C.

En la figura 9 se detalla el número de fallas de cada equipo de la curtiembre en el periodo de análisis del año 2019, se observa que la máquina divididera es quien presenta un mayor número de fallas por el esfuerzo en su funcionamiento diario.

### C) Tiempo total de reparación de los equipos.

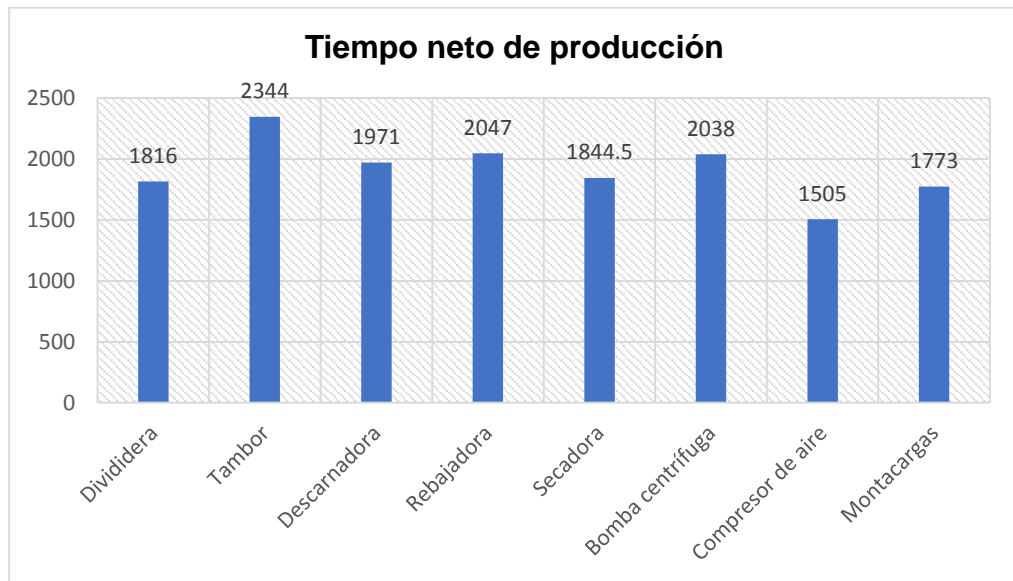


**Figura 10.** Tiempo total de reparaciones generado en los equipos.

**Fuente:** Curtiembre Boreal S.A.C.

En la figura 10 se detalla los tiempos que generaron la reparación de cada maquinaria en el periodo del año 2019, en esta evaluación se encontró un considerable tiempo de reparación en la máquina divididera

#### D) Tiempo neto de producción de los equipos de la curtiembre.



**Figura 11.** Tiempo neto de producción de los equipos.

**Fuente:** Curtiembre Boreal S.A.C.

En la figura 11 se detallan los tiempos netos de producción, es decir, el tiempo real que cada equipo estuvo en funcionamiento durante el año 2019.

#### E) Tiempo promedio para reparar de cada equipo de la curtiembre.

Para este procedimiento se eligió la máquina divididera que presentaba mayor número de fallas.

Así tenemos:

$$TPPR = \frac{\sum TPR}{N^{\circ} \text{ fallas}} \left( \frac{\text{horas}}{\text{falla}} \right)$$

$$TPPR = \frac{375}{25}$$

$$TPPR = 15 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}$$



**Figura 12.** Tiempo promedio para reparar los equipos.

**Fuente:** Curtiembre Boreal S.A.C.

En figura 12 se detalla el tiempo para reparar cada equipo de la curtiembre.

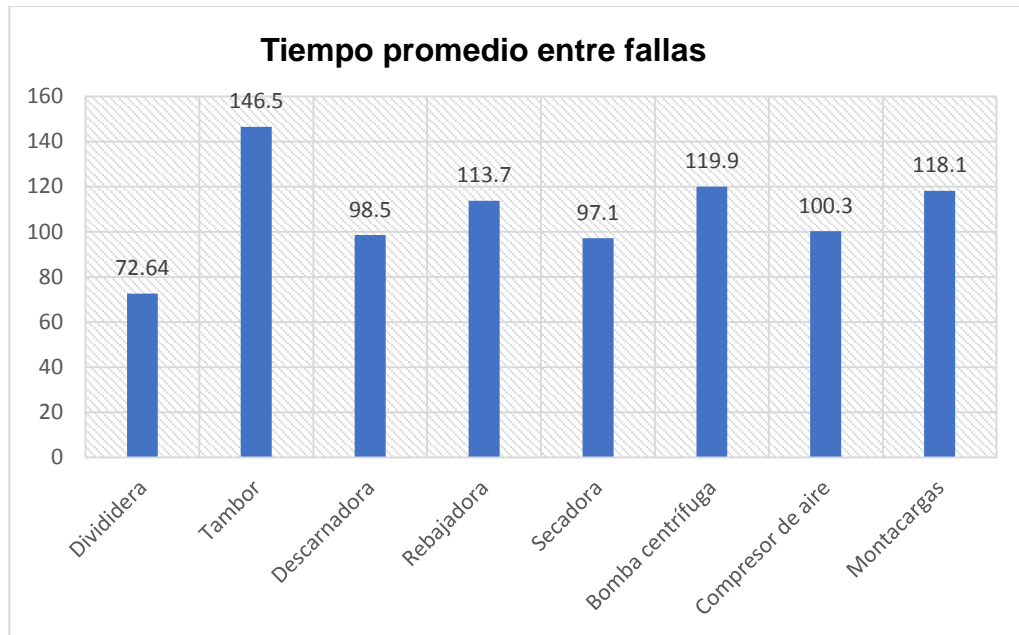
#### **F) Tiempo promedio entre fallas.**

Se procedió a elegir la máquina divididera para ser analizada.

$$TPEF = \frac{\Sigma TEF}{N^{\circ} \text{ fallas}} \left( \frac{\text{horas}}{\text{falla}} \right)$$

$$TPEF = \frac{1816}{25}$$

$$TPEF = 72.64 \left( \frac{\text{horas}}{\text{falla}} \right)$$



**Figura 13.** Tiempo promedio entre fallas de los equipos.

**Fuente:** Curtiembre Boreal S.A.C.

En la figura 13 se detalla cada uno de los resultados obtenidos en cuanto a tiempo promedio de fallas en los equipos de la curtiembre con respecto al año 2019. Estos datos servirán para los cálculos de disponibilidad y confiabilidad.

### G) Tasa de fallas de los equipos.

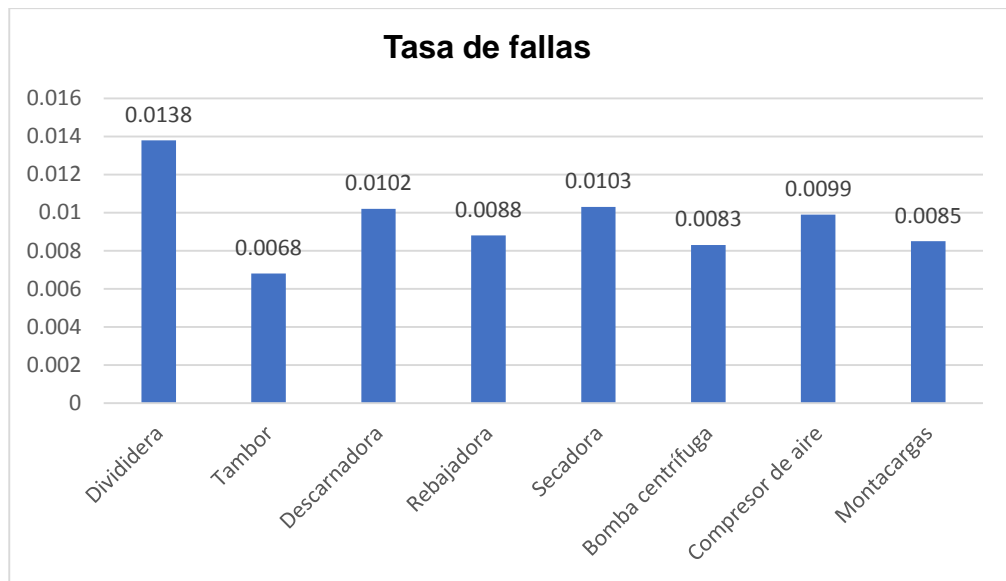
Se escogió a la máquina divididera para el análisis.

$$\lambda = \frac{1}{TPEF}$$

$$\lambda = \frac{1}{72.64}$$

$$\lambda = 0.0138 \frac{\text{falla}}{\text{hrs}}$$





**Figura 14.** Resultados de la tasa de fallas en los equipos.

**Fuente:** Curtiembre Boreal S.A.C.

En la figura 14 se muestran los resultados con respecto a la tasa de fallas en los equipos con la finalidad de posteriormente calcular la confiabilidad en cada maquinaria de la curtiembre.

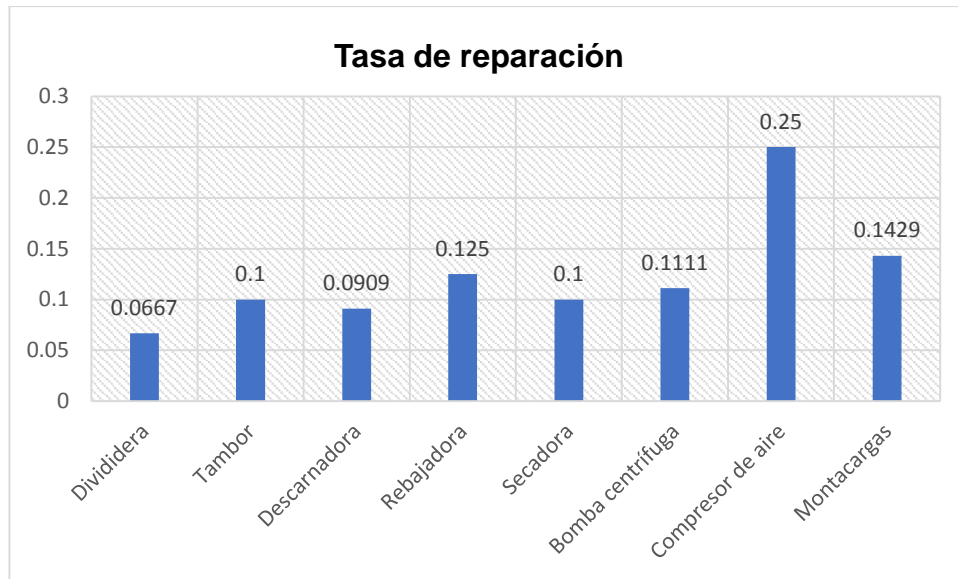
#### H) Tasa de reparación en los equipos.

La máquina divididera fue escogida para el análisis.

$$\mu = \frac{1}{TPPR}$$

$$\mu = \frac{1}{15}$$

$$\mu = 0.6667$$



**Figura 15.** Tasa de reparación en los equipos.

**Fuente:** curtiembre Boreal S.A.C.

En la figura 15 se observa la tasa de reparación de todas las maquinarias, éste índice nos servirá para calcular la mantenibilidad.

### I) Cálculo de disponibilidad de los equipos.

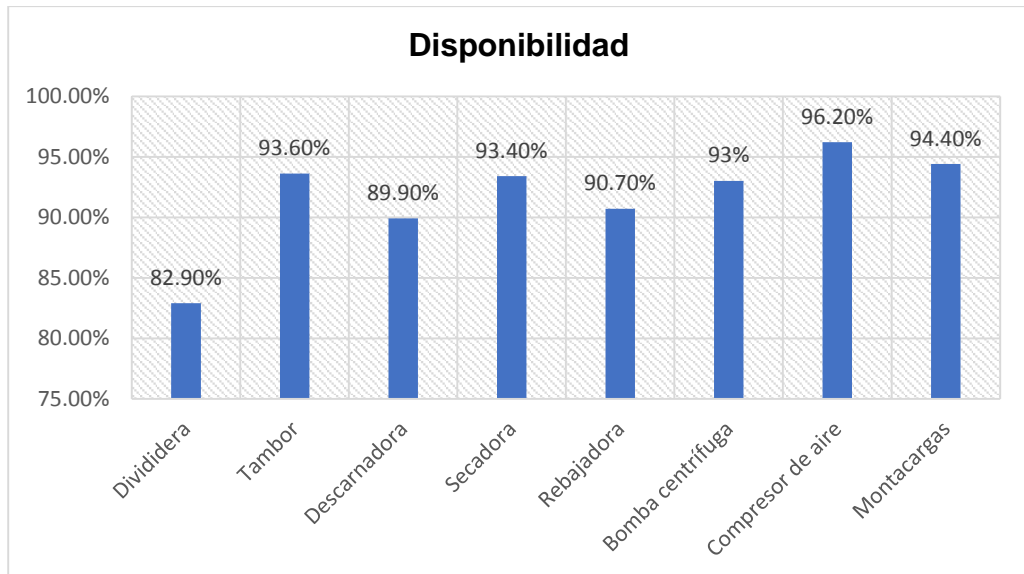
#### Disponibilidad de la divididera

$$TPEF = \frac{1816 \frac{\text{horas}}{\text{año}}}{25 \frac{\text{falla}}{\text{año}}} = 72.64 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}$$

$$TPPR = \frac{375 \frac{\text{horas}}{\text{año}}}{25 \frac{\text{falla}}{\text{año}}} = 15 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}$$

$$D = \frac{72.64 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}}{72.64 \frac{\text{horas}}{\text{falla}} + 15 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}} * 100 = 82.9\%$$

El resultado obtenido en la máquina divididera expresa un bajo porcentaje de disponibilidad y que es generado por el esfuerzo que esta máquina presenta en el proceso de producción.



**Figura 16.** Disponibilidad actual de los equipos de la curtiembre.  
**Fuente:** Curtiembre Boreal S.A.C

En la figura 16 se observa el gráfico de frecuencia relativa de la disponibilidad de cada uno de los equipos, donde se observa una baja disponibilidad de la divididera con un 82.9% y la descarnadora con 89.9% esto se genera por ser equipos de mayor esfuerzo en la fase de dividido y descarnado del cuero.

#### **J) Cálculo de confiabilidad de los equipos**

Se analizará la confiabilidad de la máquina divididera quien presenta menor porcentaje de disponibilidad, posteriormente se calculará la confiabilidad para el resto de equipos.

##### **Confiabilidad de la máquina divididera**

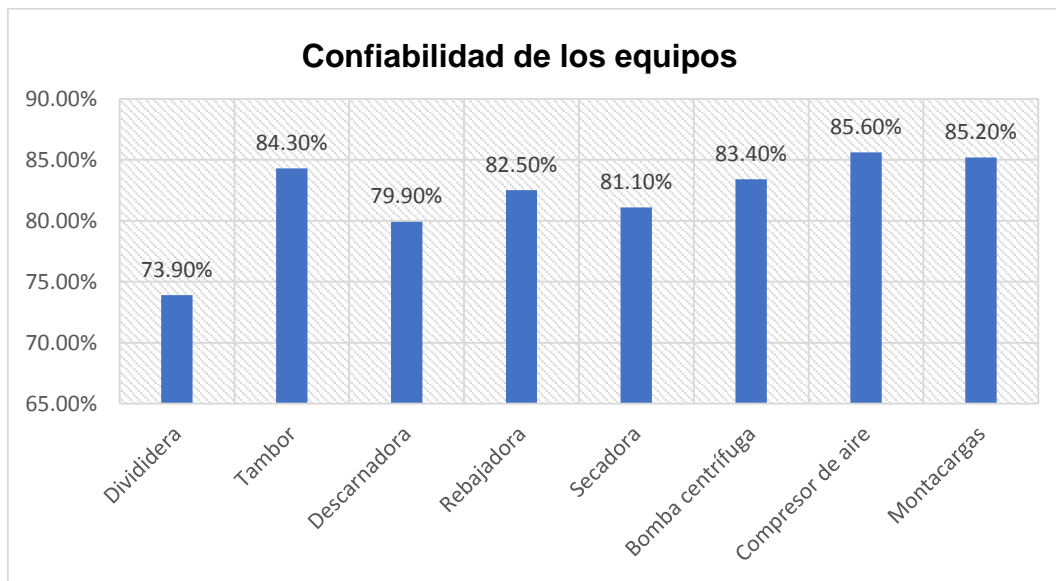
$$TPEF = 72.64 \frac{hrs}{falla}$$

$$\lambda = \frac{1}{72.64 \frac{hrs}{falla}} = 0.0138 \frac{falla}{hrs}$$

$$T = TEF + TPR = 1816 + 375 = 2191$$

$$C = e^{\frac{-0.0138 \cdot 2191}{100}} = 73.9\%$$

El índice de confiabilidad de esta máquina es bajo, seguidamente se calcularán los resultados de los siguientes equipos del proceso de producción los cuáles serán reflejados en un diagrama de barras.



**Figura 17.** Confiabilidad actual de los equipos de la curtiembre.

**Fuente.** Curtiembre Boreal S.A.C.

En la figura 17 se detalla la índice de confiabilidad para cada equipo de la curtiembre, se aprecia que los valores más bajos los presentan la divididera y descarnadora.

### K) Cálculo de mantenibilidad de los equipos

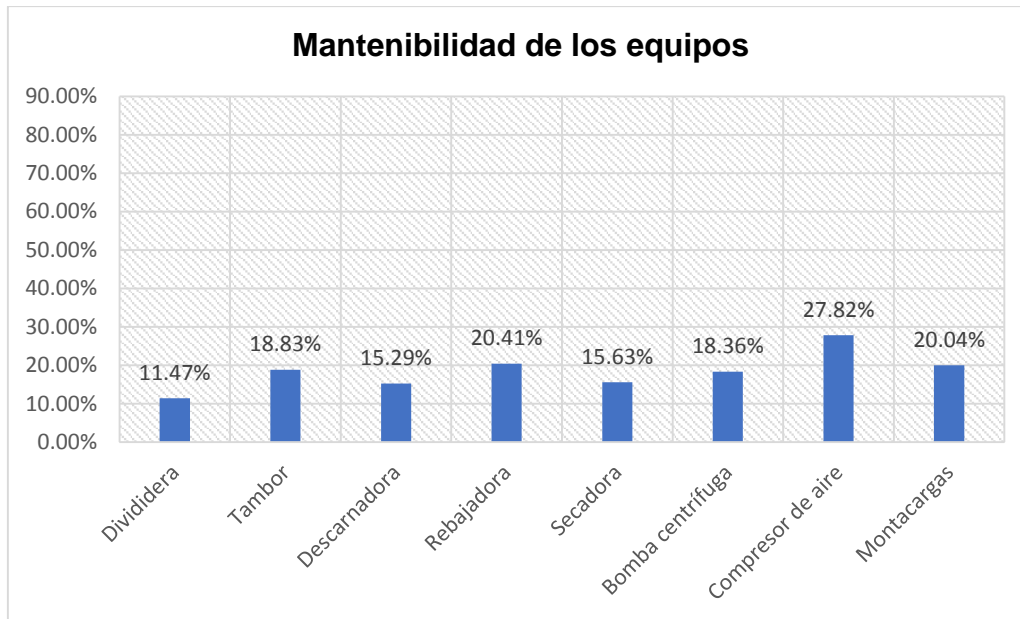
Se analizará a la maquina divididera.

**Mantenibilidad de la máquina divididera.**

$$TPPR = 15 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}$$

$$\mu = \frac{1}{TPPR}$$

$$M = (1 - e^{-\frac{0.0667 \cdot 2191}{100 \cdot 12}}) = 11.47\%$$



**Figura 18.** Mantenibilidad actual de los equipos de la curtiembre.

**Fuente:** Curtiembre Boreal S.A.C.

En la tabla 18 se muestran los resultados obtenidos en cuanto mantenibilidad de cada equipo de la curtiembre, estos resultados obtenidos se proyectan ser incrementados luego de la propuesta del plan de mantenimiento.

#### **L) Cálculo de los indicadores de mantenimiento de forma global**

Se iniciará calculando la disponibilidad global.

$$TPEF = \frac{\Sigma TEF TOTAL}{N^{\circ} fallas total} \left( \frac{horas}{falla} \right)$$

$$TPEF = \frac{15338.5}{145} = 105.78 \left( \frac{horas}{falla} \right)$$

$$TPPR = \frac{\Sigma TPR TOTAL}{N^{\circ} Fallas total} \left( \frac{horas}{falla} \right)$$

$$TPPR = \frac{1407}{145} = 9.7 \left( \frac{horas}{falla} \right)$$

Con estos resultados obtenidos procederemos a calcular la disponibilidad global de los equipos de la curtiembre.

$$D = \frac{105 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}}{105 \frac{\text{horas}}{\text{falla}} + 9.7 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}} * 100 = 91.5\%$$

**M) Cálculo de la confiabilidad global de los equipos.**

$$TPEF = 72.64 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}$$

$$\lambda = \frac{1}{105 \frac{\text{hrs}}{\text{falla}}} = 0.0095 \frac{\text{falla}}{\text{horas}}$$

$$T = TEF + TPR = 15338.5 + 1407 = 16745.5$$

$$C = e^{\frac{-0.0095 * 16745.5}{100 * 8}} = 75.26\%$$

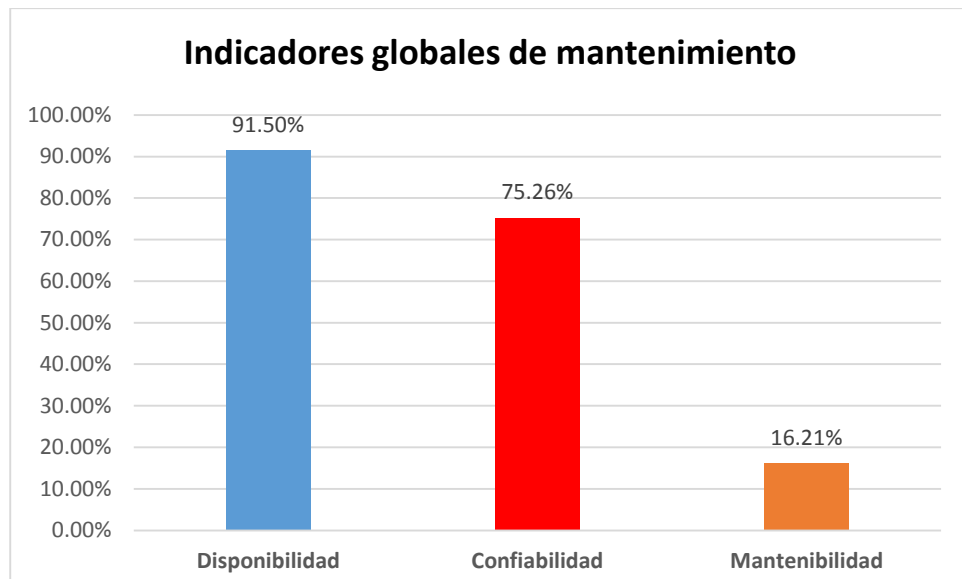
**N) Cálculo de la mantenibilidad global de los equipos.**

$$TPPR = 9.7 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}$$

$$\mu = \frac{1}{9.7 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}} = 0.1031 \frac{\text{falla}}{\text{horas}}$$

$$M = (1 - e^{\frac{-0.1031 * 16745.5}{100 * 12 * 8}}) = 16.21\%$$

A continuación procederemos a graficar los indicadores de mantenimiento de forma global.



**Figura 19.** Indicadores globales de mantenimiento.

**Fuente:** Curtiembre Boreal S.A.C.

En la figura 19 se grafica los indicadores de mantenimiento de forma global de todos los equipos de la curtiembre, donde se obtiene una disponibilidad global de 91.5%, confiabilidad 75.26% y mantenibilidad 16.21%.

#### **4.4. Elaboración del plan de mantenimiento preventivo RCM.**

En la empresa se desarrollan varios procesos desde la recepción de las pieles hasta llegar al producto final que significa la elaboración del cuero propiamente dicho, en este sentido la materia prima pasa por distintos equipos y fases de trabajo que van mejorando su textura, color y dureza con el fin de entregar un producto de calidad al cliente y en el tiempo requerido. Con el plan de mantenimiento basado en la metodología RCM se incrementará la seguridad en el proceso, la mejora en el impacto ambiental, la disminución de costos de mantenimiento y mejor conocimiento de la instalación de la empresa.

Para la elaboración del plan de mantenimiento se establecerá una serie de actividades con el propósito de llevar un mejor control de los equipos y que ayuden a mejorar la disponibilidad de cada uno de ellos.

#### 4.4.1. Codificación de equipos

Se codifican los equipos para un mejor control de ellos.

**Tabla 6.** Codificación de los equipos de la curtiembre Boreal S.A.C.

Equipos	Área	Código de identificación
Divididera	Producción	PDV – 01
Tambor	Producción	PBO – 02
Descarnadora	Producción	PDC – 03
Secadora	Producción	PSC – 04
Rebajadora	Producción	PRB – 05
Bomba centrífuga	Producción	PBC – 06
Compresor de aire	Producción	PCA – 07
Montacargas	Producción	PMC – 08

**Fuente:** Curtiembre Boreal S.A.C.

En la tabla 6 se observa la codificación de cada uno de los equipos, todas las maquinarias pertenecen al área de producción y el número de cada equipo se realizó en orden correlativo. Se hace necesaria dicha codificación con la finalidad de identificarlas y mantener la información guardada que posteriormente será utilizada en la elaboración del plan de mantenimiento.

#### 4.4.2. Reconocimiento de las fases del proceso productivo

Tenemos varias fases del proceso productivo en la curtiembre Boreal S.A.C.

En la fase de remojo se ingresa las pieles dentro del botal, en ocasiones cuando la piel es guardada por bastante tiempo ésta se encuentra con agregados de sales y se tendrá que utilizar una mezcla de agua y componentes químicos como cal, sulfuro de sodio que ayudara que las pieles de los animales queden limpias, en cambio si las pieles son tratadas de manera diaria solo se utilizara agua para limpiarlas de la sangre que podría presentar.

En la fase de descarnado se retiran los restos de carne y sebo de las pieles provenientes de la fase del remojo, en esta fase se ingresa la piel en una máquina llamada descarnadora.

En la división la piel de los animales es cortada en secciones según lo requerido, y se coloca en la divididera para retirarle los residuos que pudiera tener como pelos, pedazos de carne.



En el desencalado la materia prima es ingresada dentro del botal, se utiliza una mezcla de agua con sulfuro de sodio y desengrasante a una temperatura de 35 °C para retirar la cal.

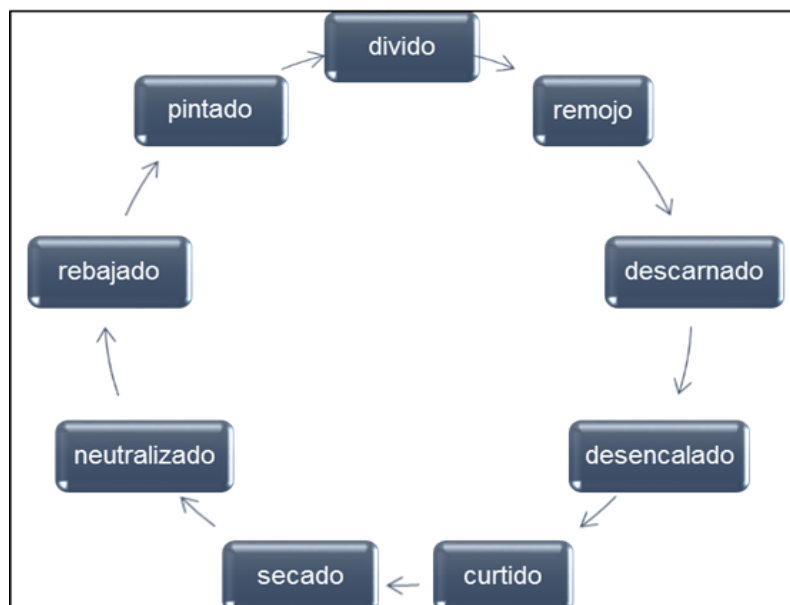
En el curtido se realiza un baño a la piel con un basificante y sales de cromo con el propósito de alcanzar el pH requerido (5).

En el secado se coloca el cuero dentro de la secadora al vacío con la finalidad de retirar la humedad, el tiempo de secado es menor al secado al ambiente.

Para el neutralizado del cuero se utiliza agua con formato de sodio para darle la textura y suavidad, este procedimiento se realiza manualmente.

Para el rebajado del cuero se ingresa dentro de la rebajadora con la finalidad de dimensionar la medida exacta del cuero requerido (2.0 a 2.2 mm. en su gran mayoría de pedidos por parte de los clientes)

El pintado y recorte constituyen la última fase del proceso, se realiza el pintado de acuerdo a lo requerido por el cliente antes de entregar el producto final (curtiembre Boreal S.A.C)



**Figura 20.** Diagrama del proceso productivo de la curtiembre

**Fuente:** Curtiembre Boreal S.A.C.

En la figura 20 se puede observar el diagrama de proceso de las fases de la elaboración del cuero, iniciando desde el remojo hasta el pintado.

#### 4.4.3. Historial de fallas

De acuerdo a los reportes e historial de fallas en los equipos dentro del periodo anual de trabajo se puede identificar los puntos más sensibles y en los cuáles no se tomaron las acciones pertinentes, toda esta información recopilada servirá para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo teniendo en cuenta el correcto tiempo para su realización.

**Tabla 7.** Historial de fallas en los equipos de la curtiembre Boreal S.A.C.

Divididera (Div. 01)	Mangueras hidráulicas dañadas (fugas de aceite)
	Aceite hidráulico en mal estado (disminución en la presión de aceite)
	Botonera de pie en mal estado (mal funcionamiento en el arranque del motor eléctrico)
	Ruidos en el moto-reductor de velocidad (falta de grasa en los piñones)
	Filtros de aceite hidráulico dañados (ingreso de suciedad dentro de la bomba de aceite)
	Cuchilla helicoidal gastada (mal funcionamiento en el corte)
	Desgaste de fajas (ruidos y mala transmisión en las poleas)
Tambor (Tab. 02)	Desgaste en los rodamientos de las chumaceras (desalineamiento en el eje y desgaste de bocina)
	Bobinado de motor eléctrico gastado (recalentamiento y fallas en el encendido del motor eléctrico)
	Rotura de tuberías de agua (perdidas en la lubricación)
Descarnadora (Desc. 03)	Cuchillas en mal estado (mal funcionamiento en la separación de la materia prima)
	Motor eléctrico dañado (paralización de la máquina)
	Fajas desgastadas (ruidos y transmisión inadecuada)
Secadora (Sec. 04)	Moto reductor trabado (mala transmisión del movimiento)
	Rodamientos de chumaceras desgastado (ruidos y deformación en el eje)
	Llaves cuchillas en el tablero corroídas (mal paso de corriente a los componentes eléctricos)

Rebajadora (Reb. 05)	Desgaste en las cuchillas de rebajar (mal calibre del cuero en el producto final)
	Desgaste en los rodamientos de rodillos (giro inadecuado en el rodillo)
	Ejes de las chumaceras deteriorados (cascabeleo y ruidos en el movimiento)
Bomba centrífuga (Bc. 06)	Pérdida de presión en la bomba (demora en el abastecimiento de agua al tambor)
	Motor eléctrico no funciona (conexiones en mal estado)
Compresor de aire (Ca. 07)	Pérdida de presión de aire (filtro de aire sucio)
	Fugas de aceite en el cabezal (recalentamiento)
	Aire sale con agua (tanque lleno de agua)
Montacargas (Mc. 08)	Pérdida de presión en el sistema hidráulico (daños en la bomba hidráulica)
	Pérdida de fuerza en la transmisión (disminución de velocidad en el desplazamiento)
	Disminución en la fuerza del motor (recalentamiento del motor)
	Sistema de dirección trabaja de manera anormal (demora en el sistema de manejo)

**Fuente:** Curtiembre Boreal S.A.C.

En la tabla 7 se detalla cada una de las fallas más concurrentes de los equipos de la curtiembre Boreal S.A.C, estas fallas se presentaron en el periodo de análisis del año 2019, se puede apreciar que las fallas más frecuentes son el desgaste de rodamientos, desgaste de chumaceras, cuchillas helicoidales de corte desgastado, etc.

#### 4.4.4. Determinación del modo y efecto de falla (AMEF)

En el estudio del funcionamiento de las maquinarias la presencia de fallas en los equipos generaron retrasos en la producción, éstas fallas fueron evaluadas para identificar cuáles los modos y efectos de fallas, asimismo se analizó el número de prioridad de riesgos (NPR).

**Tabla 8.** Modos y efectos de falla en los equipos.

	Maquina y/o equipo	Función	Falla funcional	Modo potencial de falla	Efecto potencial de la falla	Indice de Riesgos				Clasificación de Falla
						Gravedad	Ocurrencia	Detención	NPR= G*O*D	
1	Divididera (PDV – 01)	Equipo encargado de separar o retirar los restos de carnes que no pudieron ser removidos en el proceso de descarnado.	No genera la presión adecuada en el corte	Mangueras hidráulicas dañadas	Fugas de aceite	8	5	5	200	Falla Inaceptable
2			No genera la presión adecuada en el corte	Aceite hidráulico en mal estado	Desgaste prematuro en la bomba	7	4	4	112	Falla Aceptable
3			Mal funcionamiento de cuchillas	Botonera de pie en mal estado	Deficiencia en la separación o retiro de restos de carne de las pieles	6	3	1	18	Falla Aceptable
4			No hay transmisión de movimiento	Ruidos en el motorreductor de velocidad	Desgaste o rotura de los engranajes	6	6	5	180	Falla Inaceptable
5			No detiene el ingreso de partículas extrañas a la bomba	Filtro de aceite hidráulico dañados	Desgaste prematuro en la bomba	7	4	6	168	Falla Inaceptable
6			No realiza el corte	Cuchilla Helicoidal gastada	Reducción de afilado de cuchilla	7	4	5	140	Falla Inaceptable
7			Mala transmisión de movimiento	Desgaste de fajas	Inexistencia de transmisión de movimiento	8	6	5	240	Falla Inaceptable

	Maquina y/o equipo	Función	Falla funcional	Modo potencial de falla	Efecto potencial de la falla	Indice de Riesgos			NPR= G*O*D	Clasificación de Falla
						Gravedad	Ocurrencia	Detención		
1	<b>Tambor (PBO – 02)</b> ☐	Equipo encargado de remojar las pieles en los diferentes procesos (remojo, curtido, recurtido)	Mal giro de los rodillos	Desgaste en los rodamientos de la chumacera	Demora en el giro del tambor	6	6	5	180	Falla Inaceptable
2			Demora en el encendido del motor eléctrico	Bobinado del motor eléctrico gastado	Inoperatividad del motor eléctrico	6	4	7	168	Falla Inaceptable
3			Poco abastecimiento de agua dentro del tambor	Rotura de tuberías de agua	Desabastecimiento de agua en el tambor.	6	4	1	24	Falla Aceptable

	Maquina y/o equipo	Función	Falla funcional	Modo potencial de falla	Efecto potencial de la falla	Indice de Riesgos			NPR= G*O*D	Clasificación de Falla
						Gravedad	Ocurrencia	Detención		
1	<b>Descarnadora (PDC – 03)</b> ☐	Equipo encargado de retirar los restos de carne y pelos de las pieles.	Mala separacion de la materia prima	Cuchillas en mal estado	Desgaste de la cuchilla de corte	6	6	5	180	Falla Inaceptable
2			Demora en el encendido del motor eléctrico	Motor eléctrico defectuoso	Daños en el bobinado del motor eléctrico	5	4	7	140	Falla Inaceptable
3			Inadecuado movimiento de transmisión	Fajas desgastadas	Paralización del equipo	7	4	5	140	Falla Inaceptable

						Índice de Riesgos				Clasificación de Falla
	Máquina y/o equipo	Función	Falla funcional	Modo potencial de falla	Efecto potencial de la falla	Gravedad	Ocurrencia	Detención	NPR= G*O* D	
1	<b>Secadora (PSC – 04)</b> ☐	Equipo encargado del secado del cuero.	Mala transmisión de movimiento	Motoreductor trabado	Roturas de engranajes y rodamientos	5	7	5	175	Falla Inaceptable
2			Ruidos en las chumaceras	Rodamientos de chumaceras desgastado	Daños en el eje de los rodillos	7	7	2	98	Falla Aceptable
3			Mal paso y fugas de corriente	Llaves cuchillas en el tablero corroídas	Daños al del operador	10	3	7	210	Falla Inaceptable

						Índice de Riesgos				Clasificación de Falla
	Máquina y/o equipo	Función	Falla funcional	Modo potencial de falla	Efecto potencial de la falla	Gravedad	Ocurrencia	Detención	NPR= G*O* D	
1	<b>Rebajadora (PRB – 05)</b> ☐	Equipo encargado de darle el diámetro adecuado al cuero de acuerdo al	Mal rebajado del calibre del cuero	Desgaste en las cuchillas de rebajar	Reducción del afilado de la cuchilla	7	5	5	175	Falla Inaceptable
2			Demora en el giro del rodillo	Desgaste en los rodamientos de los rodillos	Rotura de rodamientos	5	7	4	140	Falla Inaceptable
3			Presencia de sonido en las chumaceras	Ejes de chumaceras deteriorados	Torcedura de ejes	6	3	3	54	Falla Aceptable

						Índice de Riesgos				Clasificación de Falla
	Máquina y/o equipo	Función	Falla funcional	Modo potencial de falla	Efecto potencial de la falla	Gravedad	Ocurrencia	Detención	NPR= G*O* D	
1	<b>Bomba Centrífuga (PBC – 06)</b>	Equipo encargado de abastecer de agua para las distintas mezclas	El agua no llega con presión al tambor	Pérdida de presión en la bomba	Desgaste interno de la bomba	8	6	5	240	Falla Inaceptable
2			No enciende el motor eléctrico	Motor eléctrico dañado	Bobinado en mal estado	8	6	4	192	Falla Inaceptable

						Índice de Riesgos				
	Máquina y/o equipo	Función	Falla funcional	Modo potencial de falla	Efecto potencial de la falla	Gravedad	Ocurrencia	Detención	NPR= G*O*D	Clasificación de Falla
1	Compresor de aire (PCA – 07)	Equipo encargado del pintado final de cuero.	El aire no sale con presión para el pintado	Filtro de aire obstruido	Demora en el pintado del cuero	6	6	4	144	Falla Inaceptable
2			Disminución de aceite en el compresor	Fugas de aceite en el cabezal	Daños en el cabezal del compresor	7	6	4	168	Falla Inaceptable
3			Mezcla de aire con agua	Tanque de compresor con agua	Daños en producto final	5	3	1	15	Falla Aceptable

	Máquina y/o equipo	Función	Falla funcional	Modo potencial de falla	Efecto potencial de la falla	Gravedad	Ocurrencia	Detención	NPR= G*O*D	Clasificación de Falla
1	Montacargas (PMC – 08)	Equipo encargado del traslado de las pieles y cueros a las distintas máquinas para sus fases del proceso productivo.	Pérdida de presión del sistema hidráulico	Desgaste interno la bomba hidráulica	Demora al elevar las cargas	7	4	5	140	Falla Inaceptable
2			Disminución en la fuerza del motor	Falta de cambio de filtros de combustible	Desgaste prematuro del motor	7	3	4	84	Falla Aceptable
3			Desplazamiento del montacargas inadecuado	Desgaste interno de la caja de transmisión	Demora en el traslado de las pieles	5	4	4	80	Falla Aceptable
4			Ruidos en los terminales de dirección	Desgaste de terminales de dirección	Mal funcionamiento del sistema de dirección	8	4	5	160	Falla Inaceptable

En la tabla 8 se detalló los modos y efectos de cada falla presentados en los equipos de la curtiembre, asimismo se analizó el número de prioridad de riesgo para cada falla agrupándolas en aceptable e inaceptable y de ésta manera verificar cuáles eran las que perjudicaban más al proceso de producción para tomar las decisiones o medidas preventivas respectivas.

#### 4.4.5. Acciones preventivas

Se designaron las acciones preventivas para cada falla presentadas en los equipos.

**Tabla 9.** Tareas del plan de mantenimiento en los equipos de la curtiembre Boreal S.A.C.

Equipo	Fallas	Causas	Consecuencia	Acciones preventivas	Frecuencia de tareas	Tiempo por tarea
Divididera (PDV- 01)	Mangueras hidráulicas dañadas.	Desgaste del material de las mangueras.	Fugas de aceite.	Inspeccionar /cambiar mangueras.	10 horas	30 minutos
	Botonera de pie mal estado.	Mala manipulación del operador.  Desgaste de conectores eléctricos.	Deficiencia en el arranque del motor eléctrico.	Revisar y medir conectores eléctricos.  Revisar botonera.	50 horas	30 minutos
	Ruidos en el moto-reductor de velocidad.	Falta de grasa en los piñones.	Rotura de engranajes.	Rellenar y revisar aceite de transmisión.	600 horas	30 minutos
	Filtro de aceite Hidráulico dañado.	Falta de limpieza de filtros.	Ingreso de suciedad a la bomba de aceite.	Inspeccionar filtro de aceite hidráulico.	800 horas	1 hora
	Cuchilla helicoidal gastada.	Falta de lubricación a la cuchilla.	Mal funcionamiento en el corte. Rotura de la cuchilla.	Lubricar la cuchilla.	50 horas	20 minutos
	Desgaste de fajas.	Falta de inspección.	Parada de la máquina.	Inspección de las fajas.	50 horas	10 minutos



Tambor (PBO- 02)	Desgaste de rodamientos de chumacera.	Desgaste del eje.	Rotura de rodamientos.	Engrase de rodamientos.	50 horas	20 minutos
	Bobinado del motor eléctrico defectuoso.	Falta de inspección. Sobrecarga en el trabajo.	Recalentamiento y deficiencia en el arranque.	Inspeccionar motor eléctrico	50 horas	10 minutos
	Rotura de tuberías de agua.	Falta de inspección técnica. Corrosión en la tubería.	Parada del proceso.	Revisar tuberías.	10 horas	10 minutos
Descarnadora (PDC- 03)	Cuchillas en mal estado.	Falta de inspección y lubricación de la cuchilla.	Mala separación de la materia prima.	Limpieza de cuchilla de corte.	10 horas	10 minutos
	Motor eléctrico defectuoso.	Falta de mantenimiento.	Paralización de la máquina	Revisión del motor eléctrico	50 horas	10 minutos
	Fajas desgastadas.	Falta de inspección técnica.	Ruidos y transmisión inadecuada.	Inspección de fajas.	50 horas	10 minutos
Secadora (PSC-04)	Moto reductor trabado.	Falta de engrase a los piñones del moto reductor.	Mala transmisión del movimiento.	Engrasar el moto reductor	600 horas	30 minutos
	Llaves cuchillas en el tablero corroídas.	Falta de inspección.	Mal paso de corriente a los equipos.	Inspeccionar llaves cuchillas.	400 horas	20 minutos
Rebajadora (PRB- 05)	Desgaste en las cuchillas de rebajar.	Falta de lubricación.	Calibre inadecuado del cuero.	Afilado de cuchilla.	50 horas	30 minutos
	Desgaste en los rodamientos de los rodillos.	Falta de lubricación.	Giro inadecuado en el rodillo.	Engrase de los rodamientos.	50 horas	20 minutos
	Ejes de chumaceras deteriorados.	Falta de mantenimiento.	Vibración y ruidos en el movimiento.	Engrasar ejes y bocinas.	50 horas	20 minutos

Bomba centrífuga (PBC - 06)	Pérdida de presión en la bomba.	Filtro de succión sucios, aire en la tubería de succión o impulsión.	Demora en el abastecimiento de agua al Tambor.	Revisar filtros y purgar sistema de tuberías.	100 horas	30 minutos
	Motor eléctrico no funciona.	Mala conexión eléctrica.	Equipo fuera de servicio.	Inspeccionar conexiones eléctricas	200 horas	20 minutos
Compresor de aire (PCA - 07)	Pérdida de presión de aire.	Filtro de aire sucio o dañado.	Sobrecarga de trabajo al compresor.	Limpiar filtro de aire.	50 horas	20 minutos
	Fugas de aceite en el cabezal.	Sellos o retenes dañados.	Recalentamiento del cabezal.	Inspeccionar retenes.	50 horas	10 minutos
	El aire sale con agua del compresor.	Agua en el interior del tanque.	Demora en el llenado de aire en el tanque.	Purgar el tanque de aire del compresor.	50 horas	10 minutos
Montacargas (PMC - 08)	Pérdida de presión en el sistema hidráulico.	Filtros obstruidos. Aceite hidráulico en mal estado.	Daños en la bomba hidráulica.	Revisar filtros, bomba y aceite hidráulico.	1200 horas	1 hora
	Disminución en la fuerza del motor.	Filtros de combustible obstruidos.	Recalentamiento del motor.	Revisar filtro de combustible.	100 horas	20 minutos
	Desplazamiento del montacargas inadecuado.	Aceite de transmisión dañado. Paquetes de discos de bronce gastados.	Disminución en la velocidad de desplazamiento del montacargas.	Revisar aceite de la caja de transmisión.	800 horas	1 hora
	Sistema de dirección trabaja de manera anormal.	Falta de engrase en ejes y bocinas.	Demora en el sistema de manejo.	Engrasar sistema de dirección	50 horas	30 minutos

En la tabla 9 se detalla las tareas preventivas desarrolladas en el plan de mantenimiento para la curtiembre Boreal S.A.C. también se detalla la frecuencia y tiempo establecido para cada tarea con el fin de minimizar costos de mantenimiento,

#### 4.4.6. Tiempo programado para la ejecución del plan de mantenimiento.

Después de haber determinado las tareas de mantenimiento preventivo para cada una de las máquinas de la curtiembre, se detallará el cronograma para la ejecución de las mismas, teniendo énfasis en las máquinas que se presente menor disponibilidad,

**Tabla 10.** Tiempos de ejecución de tareas preventivas.

Equipos	Descripción de la tarea	Tiempo por tarea	Frecuencia	Cantidad de tareas anuales
Divididera (PDV - 01)	Inspección de mangueras	30 minutos	Diariamente	313
	Revisión de conectores eléctricos	30 minutos	Semanalmente	52
	Revisión de aceite de moto reductor	30 minutos	Cada 3 meses	4
	Inspeccionar filtro de aceite hidráulico	1 hora	cada 6 meses	2
	Lubricar cuchilla	20 minutos	Semanalmente	52
	Inspección de las fajas	10 minutos	Semanalmente	52
Tambor (PBO - 02)	Engrase de rodamientos	20 minutos	Semanalmente	52
	Inspeccionar motor eléctrico	10 minutos	Semanalmente	52
	Revisar tuberías	10 minutos	Diariamente	313
Descarnadora (PDC - 03)	Limpieza de cuchilla de corte	10 minutos	Diariamente	313
	Revisión motor eléctrico	10 minutos	Semanalmente	52
	Revisión de fajas	10 minutos	Semanalmente	313
Secadora (PSC - 04)	Engrase de moto reductor	30 minutos	Cada 3 meses	4
	Inspeccionar llave cuchilla	20 minutos	Cada 2 meses	6
Rebajadora (PRB - 05)	Afilado de cuchillas	30 minutos	Semanalmente	52
	Engrase de rodamientos	20 minutos	semanalmente	52
	Engrasar ejes y bocinas	20 minutos	Semanalmente	52

Bomba Centrífuga (PBC - 06)	Revisar filtros y sistema de tuberías	30 minutos	mensualmente	12
	Inspección conexiones eléctricas	20 minutos	mensualmente	12
Compresor de aire (PCA - 07)	Limpiar filtro de aire	10 minutos	semanalmente	52
	Inspeccionar retenes	10 minutos	Semanalmente	52
	Purgar tanque de aire	10 minutos	Semanalmente	52
Montacargas (PMC - 08)	Revisar filtros y aceite hidráulico	1 hora	Cada 6 meses	2
	Revisar filtro de combustible	20 minutos	Quincenalmente	24
	Revisar aceite en caja de transmisión	30 minutos	Cada 4 meses	3
	Engrasar sistema de dirección	30 minutos	Semanalmente	52

En la tabla 10 se detalla el tiempo de realización de las tareas del plan de mantenimiento preventivo en la curtiembre Boreal S.A.C., se detalla la frecuencia de cada tarea (diariamente, semanalmente, quincenalmente, trimestralmente, anualmente), asimismo se muestra el tiempo estimado para la realización de cada tarea (los tiempos son variados por la complejidad y diferencia de cada una de ellas), así como también la cantidad de veces que se aplicarán en el periodo de un año.

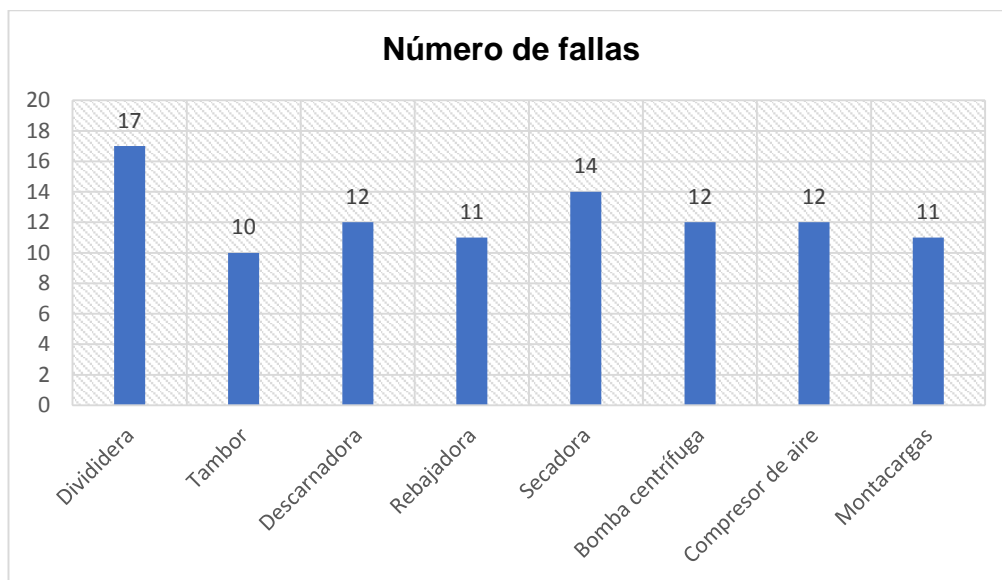
Después de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo se logrará el incremento de la disponibilidad de los equipos y la disminución en cuanto a gastos por mantenimientos y paradas de producción, repuestos, etc. esto contribuirá a un mejor desempeño de cada uno de los equipos involucrados en el proceso de producción.

#### 4.5. Simulación de los nuevos indicadores de mantenimiento.

Con la propuesta del plan de mantenimiento los indicadores de mantenimiento mejorarán gradualmente, es decir el porcentaje de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en los equipos aumentará y con ello incrementará la producción de la empresa (Morales, 2019).

A continuación estimaremos nuevos valores en cuanto a número de fallas presentadas en los equipos de la curtiembre.

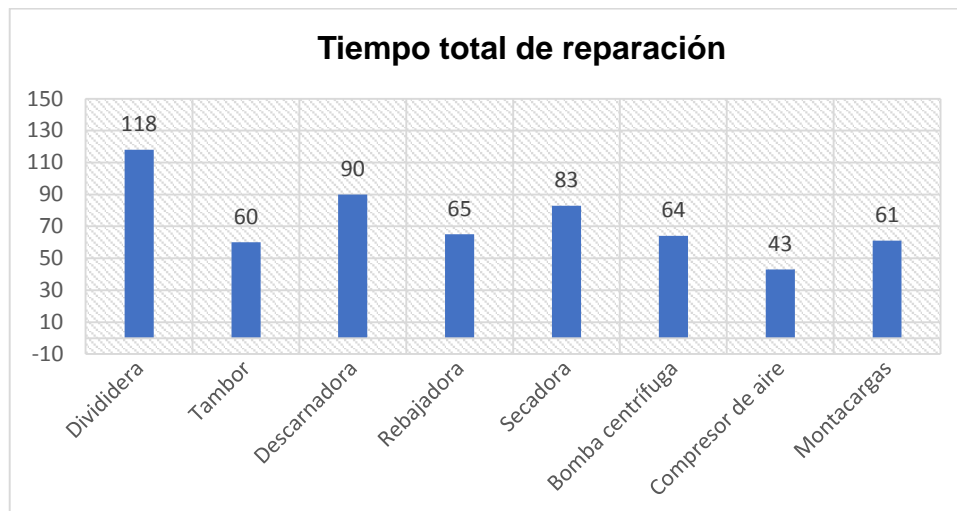
##### A) Estimación del número de intervenciones anuales



**Figura 21** .Estimación del número de fallas en las maquinarias.

En la figura 21 se realiza la estimación del nuevo número de fallas posterior a la elaboración del plan de mantenimiento preventivo en la empresa, se consideró la mejora con las acciones preventivas planteadas.

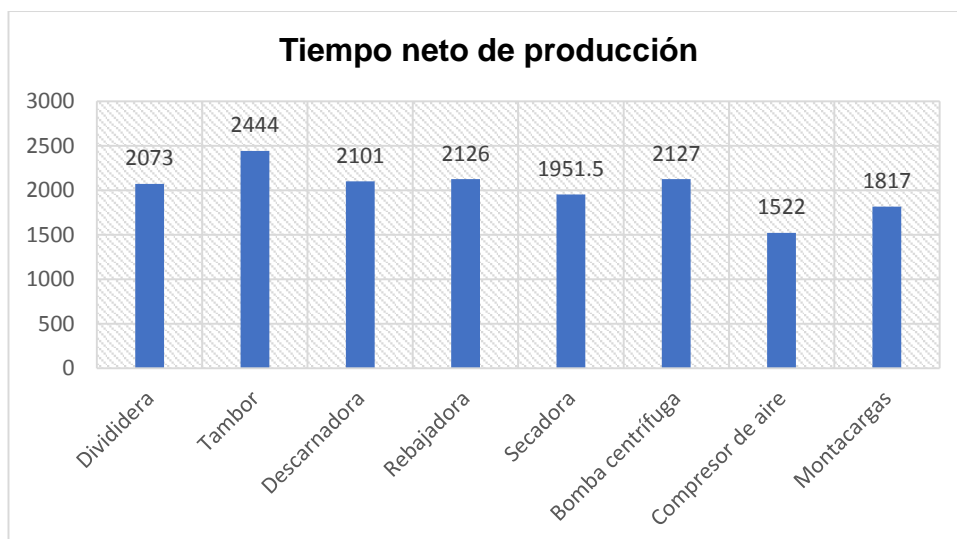
## B) Estimación del tiempo total de reparación



**Figura 22.** Estimación del tiempo total de reparación

En la figura 22 se estiman valores con respecto al tiempo total de reparación, este tiempo estimado será menor con respecto al tiempo de mantenimientos correctivos aplicados anteriormente en la empresa.

## C) Estimación del tiempo neto de producción



**Figura 23.** Estimación del tiempo neto de producción.

En la figura 23 se calculó el tiempo neto de producción con respecto al nuevo número de fallas en los equipos, se puede notar un incremento en las horas de producción.

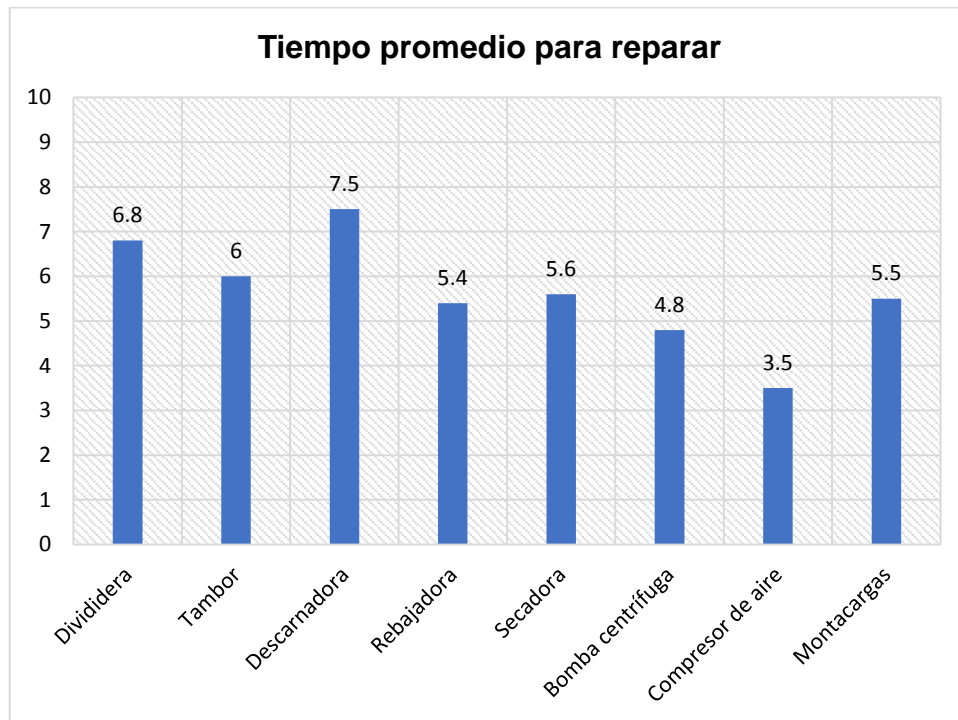
#### D) Estimación del Tiempo promedio para reparar

Se escogió a la máquina dividentera para el análisis.

$$TPPR = \frac{\sum TPR}{N^{\circ} \text{ fallas}} \left( \frac{\text{horas}}{\text{falla}} \right)$$

$$TPPR = \frac{118}{17}$$

$$TPPR = 6.8 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}$$



**Figura 24.** Tiempo promedio para reparar

En la figura 24 se calculó el nuevo tiempo promedio para reparar, para obtener este resultado se realizó la división del tiempo total de reparación entre el número de fallas en cada uno de los equipos de la empresa.

### E) Estimación del tiempo promedio entre fallas en los equipos de la curtiembre

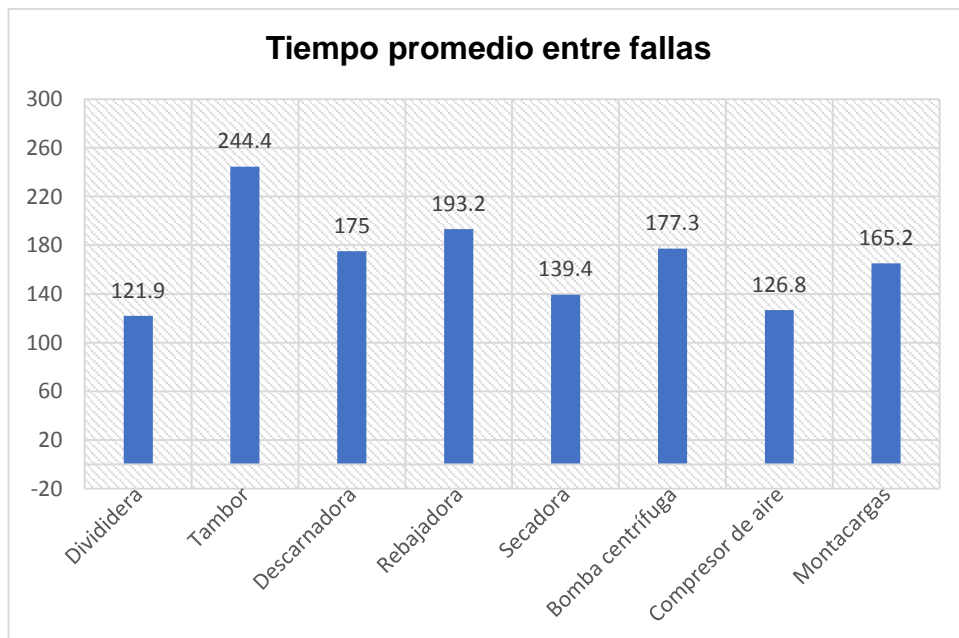
Se escogió a la máquina divididera para el análisis.

$$TPEF = \frac{\Sigma TEF}{N^{\circ} \text{ fallas}} \left( \frac{\text{horas}}{\text{falla}} \right)$$

$$TPEF = \frac{2073}{17}$$

$$TPEF = 121.9 \left( \frac{\text{horas}}{\text{falla}} \right)$$

Asimismo se estimarán los nuevos índices del tiempo promedio entre fallas para el resto de equipos de la curtiembre.



**Figura 25.** Tiempo promedio entre fallas.



Se calculó el nuevo tiempo promedio entre fallas de los equipos de la curtiembre, éste resultado se obtuvo de dividir el tiempo neto de producción entre el número de fallas de cada uno de los equipos.

#### F) Estimación de la Tasa de fallas de los equipos.

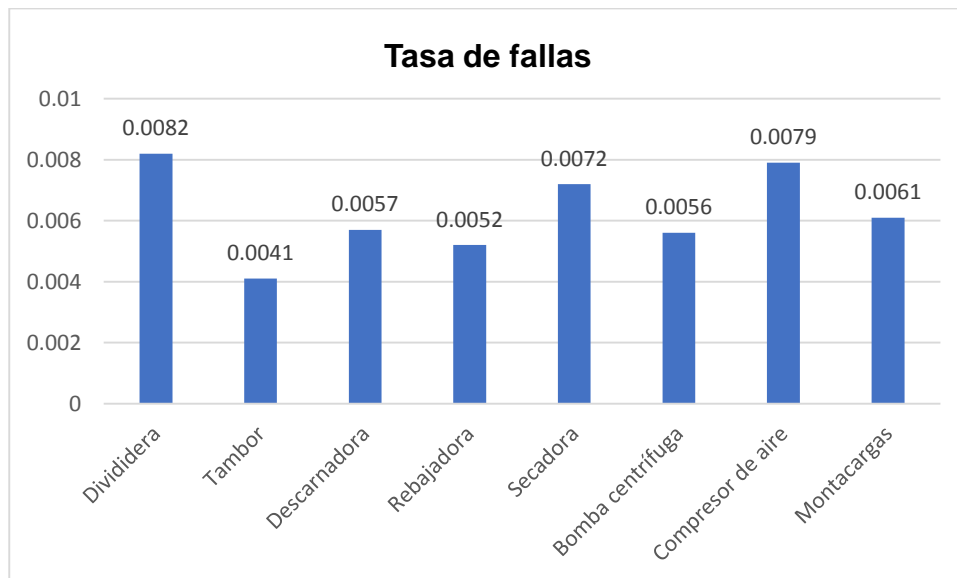
Se escogió a la máquina divididera.

$$\lambda = \frac{1}{TPEF}$$

$$\lambda = \frac{1}{121.9}$$

$$\lambda = 0.0082 \frac{\text{horas de operación}}{\text{falla}}$$

Asimismo se calculará la nueva tasa de fallas para cada uno de los equipos del proceso productivo de la curtiembre.



**Figura 26.** Tasa de fallas en los equipos.

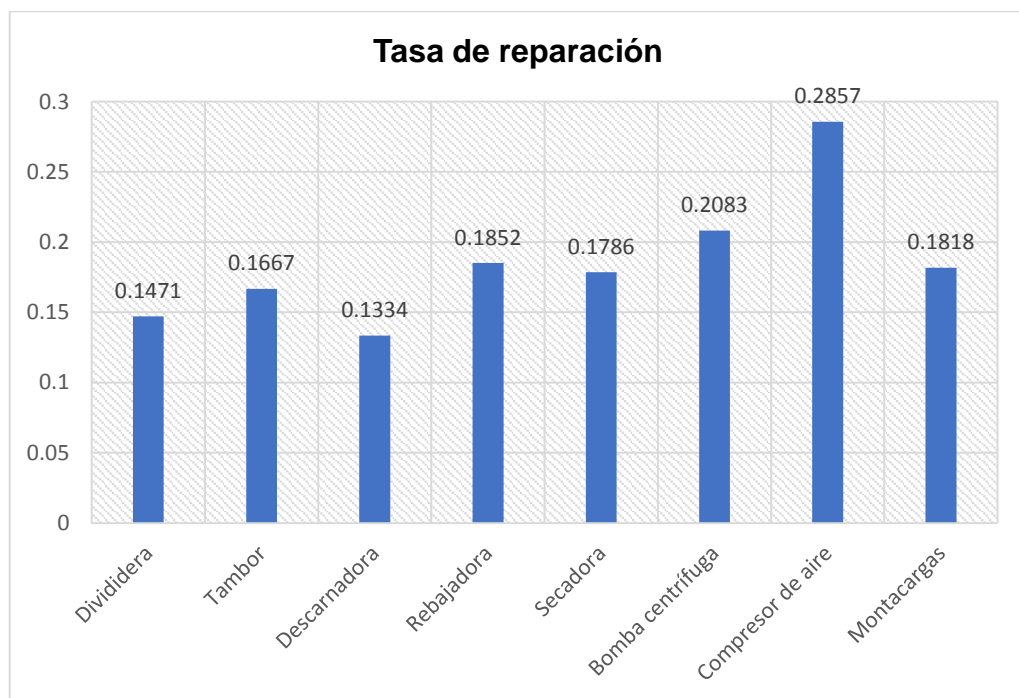
En la figura 26 se detalla la tasa de fallas para cada uno de los equipos, éste valor servirá para obtener la nueva confiabilidad de las maquinarias.

### G) Estimación de la tasa de reparación en los equipos.

Se escogió a la máquina divididera para realizar el análisis.

$$\mu = \frac{1}{TPPR}$$
$$\mu = \frac{1}{6.8}$$
$$\mu = 0.1471 \frac{\text{fallas}}{\text{horas de reparación}}$$

Después de analizar la tasa de reparación para la máquina divididera se procederá analizar a los demás equipos.



**Figura 27.** Tasa de reparación de los equipos de la curtiembre.

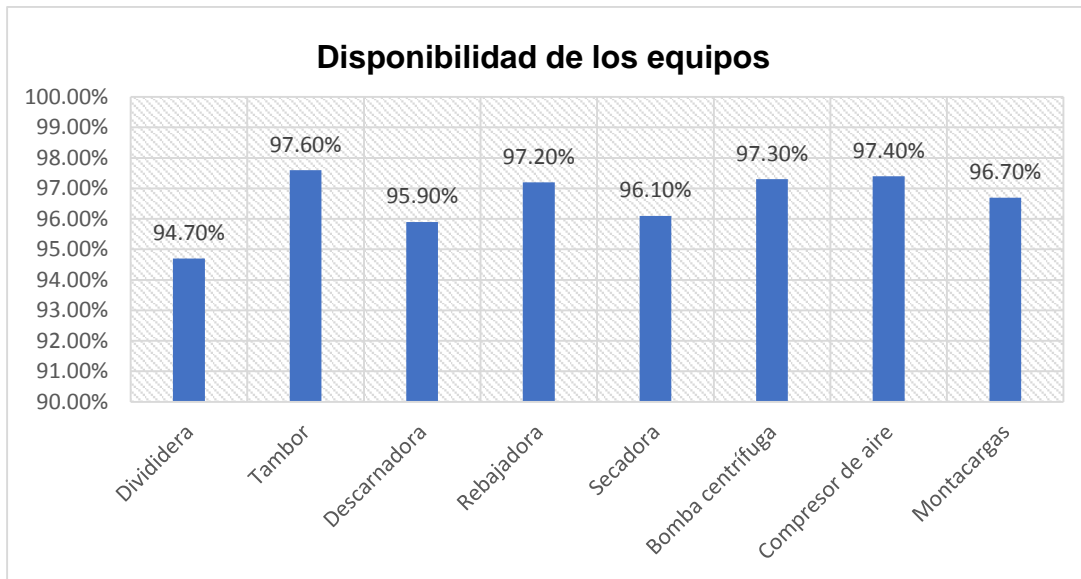
En la figura 27 se muestra la tasa de reparación de cada uno de los equipos de la empresa, éste valor será necesario para calcular la nueva mantenibilidad de los equipos.

## H) Cálculo de la nueva disponibilidad en los equipos

Se escogió a la máquina divididera para realizar los cálculos.

$$D = \frac{121.9 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}}{121.9 \frac{\text{horas}}{\text{falla}} + 6.5 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}} * 100 = 94.7\%$$

Asimismo se calculó la disponibilidad de todos los equipos.



**Figura 28.** Estimación de la nueva disponibilidad de los equipos.

En la figura 28 se muestra la nueva disponibilidad de los equipos de la curtiembre, se puede notar un incremento en cada una de las maquinarias. Se aprecia a la divididera con 94.7% y la descarnadora con 95.9% respectivamente.

## I) Cálculo de la nueva confiabilidad en los equipos

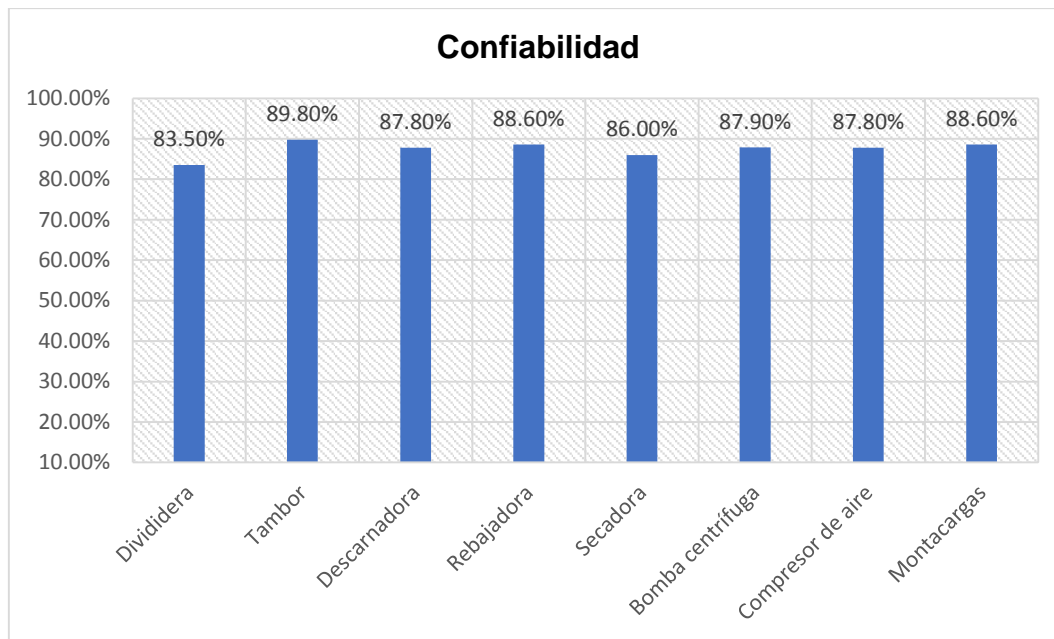
Se escogió la máquina divididera para los cálculos.

$$\lambda = \frac{1}{121.9 \frac{\text{hrs}}{\text{falla}}} = 0.0082 \frac{\text{falla}}{\text{hrs}}$$

$$T = \text{TEF} + \text{TPR} = 2073 + 121.9 = 2194.9$$

$$C = e^{\frac{-0.0082 * 2194.9}{100}} = 83.5\%$$

A continuación se calculó la confiabilidad de todos los equipos.



**Figura 29.** Confiabilidad de los equipos de la curtiembre.

En la figura 29 se aprecia cada uno de los valores con respecto a la nueva confiabilidad de las maquinarias de la empresa, se puede apreciar un incremento sustancial en cada equipo posterior a la elaboración del plan de mantenimiento.

#### **J) Cálculo de la nueva mantenibilidad en los equipos**

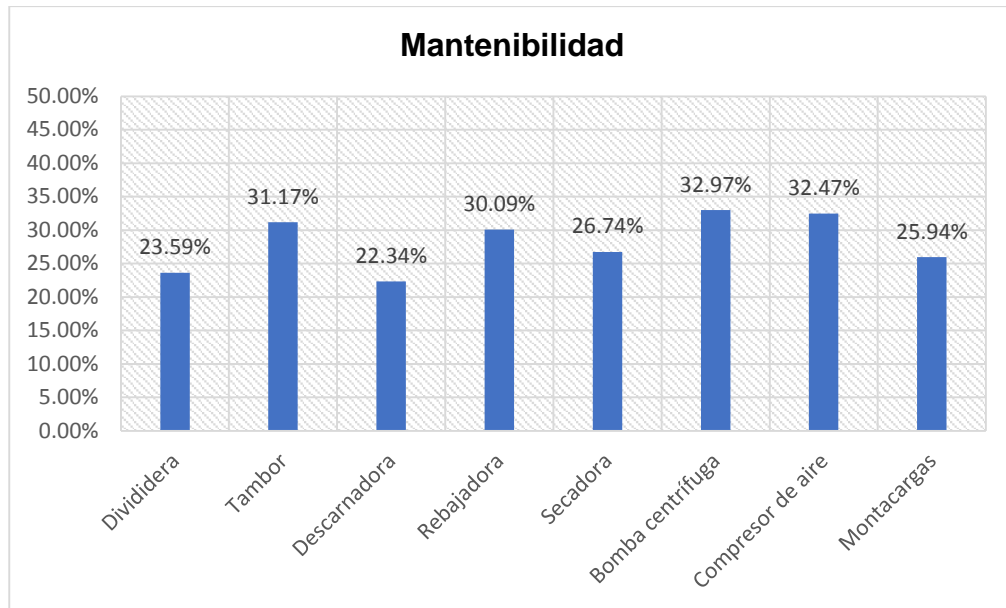
Se escogió a la máquina divididera para realizar el análisis.

$$TPPR = 6.8 \frac{hrs}{falla}$$

$$\mu = \frac{1}{6.8} = 0.1471$$

$$M = (1 - e^{-\frac{0.1471 \cdot 2194.9}{100 \cdot 12}}) = 23.59\%$$

Asimismo se calculó para los demás equipos involucrados en el proceso de producción de la curtiembre.



**Figura 30.** Mantenibilidad de los equipos de la curtiembre

En la figura 30 se muestra la nueva mantenibilidad de los equipos de la curtiembre. A continuación se calculará los indicadores de mantenimiento de forma global para conocer el incremento posterior a la propuesta del plan de mantenimiento.

#### **K) Cálculo de los indicadores de mantenimiento de forma global**

Se iniciará calculando la disponibilidad global.

$$TPEF = \frac{\Sigma TEF TOTAL}{N^{\circ} fallas total} \left( \frac{horas}{falla} \right)$$

$$TPEF = \frac{16161.5}{99} = 163.25 \left( \frac{horas}{falla} \right)$$

$$TPPR = \frac{\Sigma TPR TOTAL}{N^{\circ} Fallas total} \left( \frac{horas}{falla} \right)$$

$$TPPR = \frac{584}{99} = 5.89 \left( \frac{horas}{falla} \right)$$

$$D = \frac{163.25 \frac{horas}{falla}}{163.25 \frac{horas}{falla} + 5.89 \frac{horas}{falla}} * 100 = 96.5\%$$

**L) Cálculo de la confiabilidad global de los equipos.**

$$TPEF = 163.25 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}$$

$$\lambda = \frac{1}{163.25 \frac{\text{hrs}}{\text{falla}}} = 0.0061 \frac{\text{falla}}{\text{horas}}$$

$$T = TEF + TPR = 16161.5 + 584 = 16745.5$$

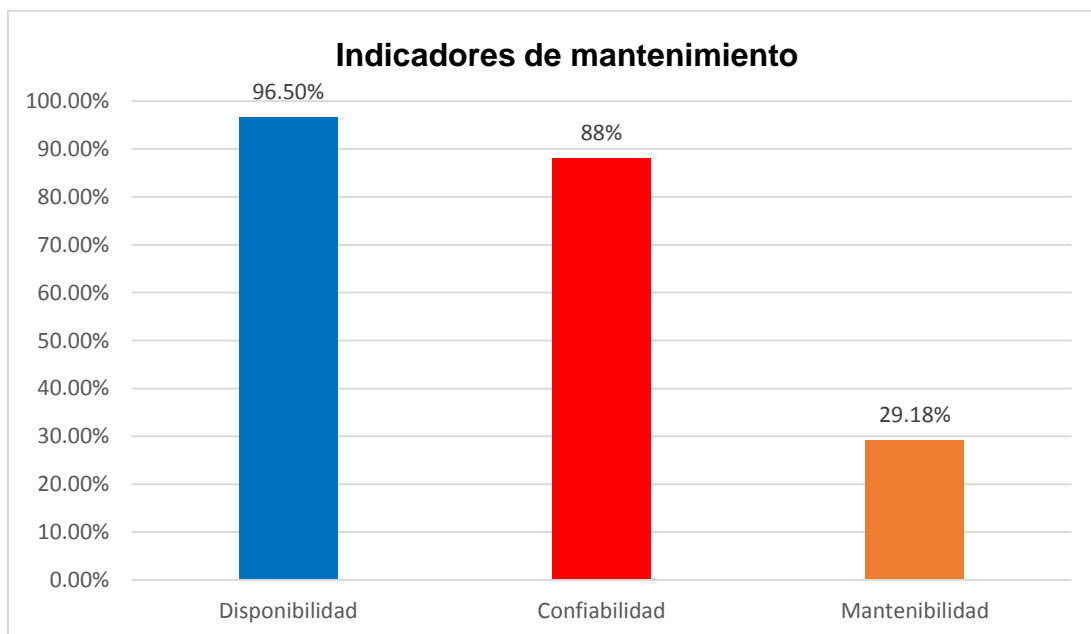
$$C = e^{\frac{-0.0061 \cdot 16745.5}{100 \cdot 8}} = 88\%$$

**M) Cálculo de la mantenibilidad global de los equipos.**

$$TPPR = 5.89 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}$$

$$\mu = \frac{1}{5.89 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}} = 0.1698 \frac{\text{falla}}{\text{horas}}$$

$$M = (1 - e^{\frac{-0.1698 \cdot 16745.5}{100 \cdot 12 \cdot 8}}) = 29.18\%$$



**Figura 31.** Indicadores globales de mantenimiento.

En la figura 31 se observa los nuevos indicadores de mantenimiento obtenidos, así se tiene un incremento global de 5% de disponibilidad, 12.74% de confiabilidad y 12.97% de mantenibilidad.

#### 4.6. Realización del análisis del costo – beneficio.

Al término de la elaboración del plan de mantenimiento preventivo se analizarán los costos en producción, mantenimiento, trabajos terciarizados, etc.

##### a) Costos por lucro cesante

En cuanto a producción los gastos por los tiempos de parada de las maquinarias generan demoras en el proceso productivo de la empresa, adicionalmente pérdidas económicas en cuanto a la venta del cuero como producto final. Se analizarán las pérdidas anuales, este análisis es también llamado lucro cesante. (Morales, 2019)

La curtiembre por ser una pequeña empresa mensualmente obtiene una producción aproximada de 600 pieles/mes. Su horario de producción consiste en 8 horas de trabajo. Mensualmente suma un horario de 208 horas / mes. (Curtiembre Boreal S.A.C)

$$Producción\ diaria = \frac{600 \frac{pieles}{mes}}{208 \frac{horas}{mes}} = 2.88 \frac{pieles}{horas}$$

Este resultado refleja que en la curtiembre se procesa un aproximado de 2.88 pieles por cada hora de trabajo.

Se realizarán los cálculos que se generan en la máquina divididera, posteriormente se revisarán el resto de máquinas.

Proceso de dividido - Máquina divididera. (Morales, 2019)

$$Lucro\ cesante = TTR * producción\ por\ día * precio\ unitario * \% utilidad\ neta$$

$$lucro\ cesante = 375 \frac{hrs}{año} * 2.88 \frac{pieles}{hora} * 5 \frac{N.S}{piel} * 0.4 \% = 2160 \frac{N.S}{año}$$

El precio unitario refleja la cantidad de dinero que se paga por el servicio de dividido por unidad de piel a una tercera empresa cada vez que la máquina llega a fallar. El porcentaje de utilidad neta se estima que es un 40% de acuerdo a lo manifestado por la curtiembre. El resultado de lucro cesante manifiesta el gasto que la empresa tiene cada año por las fallas presentadas en la máquina divididera, éste resultado se proyecta minimizar con la propuesta de plan de mantenimiento preventivo en la empresa para de esta manera minimizar los costos generados por fallas en las maquinarias.

**Tabla 11.** Estimación del lucro cesante en la curtiembre Boreal S.A.C.

<b>Procedimiento</b>	<b>Tiempo de reparación (horas/año)</b>	<b>Producción (pieles/hora)</b>	<b>Precio por unidad (N.S/pieles)</b>	<b>Lucro cesante Utilidad neta % (N.S/año)</b>
<b>Dividido</b>	375	2.88	5	2160
<b>Descarnado</b>	220	2.88	5	1267.2
<b>Remojo, curtido, recurtido</b>	160	2.88	4	737.28
<b>Secado</b>	144	2.88	2	331.78
<b>Rebajado</b>	190	2.88	3	656.64
<b>TOTAL</b>				<b>5152.9</b>

**Fuente:** Curtiembre Boreal S.A.C.

En la tabla 11 se calculan los gastos estimados en cuanto al lucro cesante en los procesos de producción del cuero. Siendo el proceso de dividido quien generaba mayor gasto anual para la empresa, el gasto estimado era S/ 2160 nuevos soles. . Esto se generaba por ser la máquina divididera quien presentaba mayor tiempo de reparación. Asimismo el proceso de descarnado también generaba un gasto anual aproximado de S/ 1267.2 nuevos soles. El total de pérdidas por lucro cesante es de 5152.9 Nuevos soles /año.



## **b) Costos de mantenimiento correctivo**

La empresa Boreal S.A.C. al no haber contado con un plan de mantenimiento preventivo no hizo registro de las tareas desarrolladas en cada máquina del proceso de producción durante el periodo de análisis del año 2019. Asimismo se analizarán los gastos generados por repuestos y mano de obra externa a la empresa. (Curtiembre Boreal S.A.C.)

Repuestos e insumos: S/ 21 136.65

Mano de obra externa: S/ 14 535.00

Entonces con estos datos se calculará el total de costos por mantenimiento correctivos desarrollados en la empresa.

$$CMC = \text{repuestos} + \text{mano de obra externa} + \text{lucro cesante}$$

$$CMC = 21136.65 \frac{N.s}{\text{año}} + 14535 \frac{N.S}{\text{año}} + 5152.9 \frac{N.S}{\text{año}}$$

$$CMC = 40824.55 \frac{N.S}{\text{año}}$$

Se proyecta que los gastos generados por mantenimiento correctivo sean eliminados con el plan de mantenimiento.

## **c) Estimación de los nuevos indicadores de costos en la empresa**

Después de haber implementado el plan de mantenimiento en la empresa Boreal S.A.C, y asimismo haber calculado los nuevos indicadores de mantenimiento como disponibilidad teniendo como incremento global: disponibilidad 6.1% se estima la reducción del lucro cesante por las paradas de las maquinarias y los gastos en mano de obra de personal externo a la empresa.

$$\text{Lucro cesante: } 5152.9 \frac{N.S}{\text{año}}$$

$$\text{Mano de obra externa: } 14\,535 \frac{N.S}{\text{año}}$$

Esto genera una ganancia anual a la curtiembre de 19 687.9 Nuevos soles.

- **Mantenimiento preventivo en los equipos**

Se calcularon los nuevos costos con respecto al mantenimiento preventivo que se proyectó dar a los equipos de la curtiembre en el periodo de un año.

**Tabla 12.** Costos de mano de obra por mantenimiento preventivo.

Máquina y/o equipo	Actividades	Frecuencia	Tiempo ejecución (horas)	Costo mano de obra	
				Hora	Año
<b>Divididera (PDV – 01)</b>	Inspección de mangueras	<b>Diariamente</b>	<b>0.5</b>	S/. 13.02	S/. 2,037.76
	Revisión de conectores eléctricos	<b>Semanal</b>	<b>0.5</b>	S/. 13.54	S/. 352.08
	Revisión de aceite de nivel y estado del aceite de motor reductor	<b>Cada 3 meses</b>	<b>0.5</b>	S/. 13.02	S/. 26.04
	Inspección de filtro de aceite hidráulico	<b>Cada 6 meses</b>	<b>1</b>	S/. 13.02	S/. 26.04
	Lubricar cuchilla	<b>Semanal</b>	<b>0.33</b>	S/. 13.02	S/. 225.69
	Inspección de fajas	<b>Semanal</b>	<b>0.17</b>	S/. 13.02	S/. 112.85
				<b>S/. 13.02</b>	<b>S/. 2,780.47</b>

Máquina y/o equipo	Actividades	Frecuencia	Tiempo ejecución (horas)	Costo mano de obra	
				Hora	Año
<b>Tambor (PBO – 02)</b>	Engrase de rodamientos	<b>Diariamente</b>	<b>0.33</b>	S/. 13.02	S/. 1,358.51
	Inspeccionar motor eléctrico	<b>Semanal</b>	<b>0.5</b>	S/. 13.54	S/. 352.08
	Revisar tuberías	<b>Cada 3 meses</b>	<b>0.5</b>	S/. 13.02	S/. 26.04
				<b>S/. 13.02</b>	<b>S/. 1,736.63</b>

Máquina y/o equipo	Actividades	Frecuencia	Tiempo ejecución (horas)	Costo mano de obra	
				Hora	Año
<b>Descarnadora (PDC- 03)</b>	Limpieza de cuchilla de corte	<b>Diariamente</b>	<b>0.17</b>	S/. 13.02	S/. 679.25
	Inspeccionar motor eléctrico	<b>Semanal</b>	<b>0.17</b>	S/. 13.54	S/. 117.36
	Revisión de fajas	<b>Semanal</b>	<b>0.17</b>	S/. 13.02	S/. 112.85
				<b>S/. 909.46</b>	

Máquina y/o equipo	Actividades	Frecuencia	Tiempo ejecución (horas)	Costo mano de obra	
				Hora	Año
<b>Secadora (PSC- 04)</b>	Engrase de motor reductor	<b>Cada 3 meses</b>	<b>0.5</b>	S/. 13.02	S/. 26.04
	Inspeccionar llave cuchilla	<b>Cada 2 meses</b>	<b>0.33</b>	S/. 13.54	S/. 27.08
	Inspeccionar y lubricar rodamientos de chumaceras	<b>Quincenal</b>	<b>2</b>	S/. 13.02	S/. 625.00
				<b>S/. 678.13</b>	

Máquina y/o equipo	Actividades	Frecuencia	Tiempo ejecución (horas)	Costo mano de obra	
				Hora	Año
<b>Rebajadora (PRB- 05)</b>	Afilado de cuchillas	<b>Semanal</b>	<b>0.50</b>	S/. 13.02	S/. 338.54
	Engrase de rodamientos	<b>Semanal</b>	<b>0.33</b>	S/. 13.02	S/. 225.69
	Engrasar ejes y bocinas	<b>Semanal</b>	<b>0.33</b>	S/. 13.02	S/. 225.69
				<b>S/. 789.93</b>	

Máquina y/o equipo	Actividades	Frecuencia	Tiempo ejecución (horas)	Costo mano de obra	
				Hora	Año
<b>Bomba Centrífuga (PBC-06)</b>	Revisar filtros y sistema de tuberías	<b>Mensual</b>	<b>0.5</b>	S/. 13.02	S/. 78.13
	Inspección conexiones eléctricas	<b>Mensual</b>	<b>0.5</b>	S/. 13.54	S/. 81.25
	Ajuste de pernos de prensa estopa	<b>Semanal</b>	<b>0.5</b>	S/. 13.02	S/. 338.54
	Engrase de elementos rodantes (2 en caja)	<b>Quincenal</b>	<b>0.5</b>	S/. 13.02	S/. 156.25
					<b>S/. 654.17</b>

Máquina y/o equipo	Actividades	Frecuencia	Tiempo ejecución (horas)	Costo mano de obra	
				Hora	Año
<b>Compresor de aire (PCA- 07)</b>	Limpiar filtro de aire	<b>Semanal</b>	<b>0.17</b>	S/. 13.02	S/. 112.85
	Inspeccionar retenes	<b>Semanal</b>	<b>0.17</b>	S/. 13.02	S/. 112.85
	Purgar tanque de aire	<b>Semanal</b>	<b>0.17</b>	S/. 13.02	S/. 112.85
					<b>S/. 338.54</b>

Máquina y/o equipo	Actividades	Frecuencia	Tiempo ejecución (horas)	Costo mano de obra	
				Hora	Año
<b>Montacargas (PMC-08)</b>	Revisar filtros y aceite hidráulico	<b>Cada 6 meses</b>	<b>1</b>	S/. 13.02	S/. 26.04
	Revisar filtro de combustible	<b>Quincenal</b>	<b>0.33</b>	S/. 13.02	S/. 104.17
	Revisar aceite en caja de transmisión	<b>Cada 4 meses</b>	<b>0.5</b>	S/. 13.02	S/. 19.53
	Engrasar sistema de dirección	<b>Semanal</b>	<b>0.5</b>	S/. 13.02	S/. 312.50
					<b>S/. 462.24</b>

En la tabla 12 se detalla los gastos generados por el mantenimiento preventivo a realizar en la empresa, el costo aproximado es de S/. 8 349.57 anuales.

## - Repuestos

En cuanto al número de repuestos e insumos, se analizarán cuáles son los más necesarios para tener en stock ante una posible parada o falla en los equipos, estos datos fueron recopilados del historial de fallas. (Véase tabla 4)

**Tabla 13.** Repuestos e insumos necesarios para el almacén.

<b>Repuestos e insumos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio( soles)</b>
Grasa industrial	1 balde	250
Cuchilla helicoidal	1 unidad	2350
Aceite hidráulico (hd 68)	1 balde	350
Aceite de transmisión ATF 220	1 balde	260
Manguera hidráulica	2 unidades	90
Filtro hidráulico	2 unidades	360
Tubería de agua	1 unidad	100
Aceite de motor SAE 15W40	1 balde	250
Filtro de aire para compresor	1 unidad	25
Botonera de pie	1 unidad	60
Empaquetaduras de cabezal de compresor	1 Juego.	40
Rodamientos para eje de rodillo	2 unidades	80
Cuchilla helicoidal (máq. Divididera)	1 unidad	1275
Rodamientos para chumaceras	2 unidades	160
<b>TOTAL</b>		<b>5650</b>

En la tabla 13 se muestran los repuestos e insumos necesarios a tener en el área de almacén ante una posible falla de algún equipo y también para algunos trabajos de mantenimiento preventivos, todo estos repuestos demandan una inversión de 5650 nuevos soles.

## - Herramientas

Con respecto a las herramientas necesarias para los trabajos de mantenimientos preventivos la empresa Boreal S.A.C. cuenta con un stock suficiente para el desarrollo de las mismas. Es decir no se hace necesario la compra o implementación de más herramientas en la empresa. (Curtiembre Boreal S.A.C.).

- **Personal de mantenimiento**

El área de mantenimiento en la actualidad cuenta con 1 técnico mecánico, 1 técnico electricista y ayudante mecánico. Con la propuesta del plan de mantenimiento las tareas preventivas serán desarrolladas de forma programada de manera que el tiempo para su realización sea la adecuada y el personal pueda ejecutarlas con total normalidad. De ésta manera se hace necesario la contratación de nuevo personal para el área de mantenimiento que ocupe el puesto de ayudante electricista.

- **Propuestas de mejoras para la curtiembre**

La propuesta del plan de mantenimiento preventivo a la curtiembre significa un ahorro económico con respecto al mantenimiento que se ha venido desarrollando, asimismo se proponen nuevas mejoras que puedan ayudar a la realización y control de dicho plan de mantenimiento.

- **Adquirir una impresora**

Se hace necesario la compra de una impresora para que el personal de mantenimiento (técnicos) redacte todas las tareas realizadas en las hojas de trabajo y tener un mejor control. De acuerdo al mercado informático esta compra demandaría una inversión de 700 nuevos soles.

- **Comprar una computadora**

Actualmente el jefe de mantenimiento cuenta con una computadora cada vez más obsoleta por lo que se hace necesario la adquisición de un equipo nuevo, el precio aproximado es de 2500 nuevos soles.

- **Capacitaciones:**

En la medida posible tratar de capacitar a los técnicos con charlas de mantenimiento enfocados a sus principales tareas. Al menos se proyecta capacitarlos 2 veces por año, ésta propuesta demandaría una inversión de 1200 nuevos soles anuales para la curtiembre.

El gasto general calculado es el siguiente:

Repuestos e insumos: S/. 5650.

Mantenimiento preventivo: S/. 8 349.57.

Mejoras en la empresa: S/. 4 400.

Todos los gastos suman en total una inversión de S/. 18 400.

#### d) Financiamiento

La empresa al no contar con los medios económicos necesarios para proyectar la implementación de la propuesta del plan de mantenimiento, se verá en la necesidad de realizar un préstamo bancario. Al revisar las tarifas de intereses que ofrecen distintas entidades bancarias se optaron por la más económica, siendo así que la tasa de interés más conveniente es 8%. El préstamo se proyectado para 12 meses, es decir un año.

Préstamo solicitado: 18 400 nuevos soles.

Tasa anual: 8%

Tasa mensual: 0.64%

Tiempo del préstamo: 1 año = 12 meses

Así mismo se establece como fecha de pago el 1 de cada mes.

**Tabla 14.** Cronograma de pagos mensuales de la empresa (Morales, 2019)

Mes	Cantidad prestada	Interés	Amortización	Cuotas	Saldo
1	18400	118	1480	1598	16920
2	16920	109	1489	1598	15431
3	15431	99	1499	1598	13932
4	13932	90	1508	1598	12424
5	12424	80	1518	1598	10906
6	10906	70	1528	1598	9378
7	9378	60	1538	1598	7840
8	7840	50	1548	1598	6292
9	6292	40	1558	1598	4734
10	4734	30	1568	1598	3166
11	3166	20	1578	1598	1588
12	1588	10	1588	1598	0

En la tabla 14 se detallan los pagos mensuales que debe cancelar la empresa a la entidad bancaria, se realizó el préstamo a plazo de 1 año (12 meses), resultando como interés total 776 nuevos soles. Esto con la finalidad de poner en marcha la propuesta del plan de mantenimiento. Para implementar el plan de mantenimiento los tiempos de las tareas preventivas serán programados y se necesitará la contratación de un ayudante electricista que pueda ayudar en las tareas de mantenimiento.

Se estimará el gasto por el nuevo personal.

Sueldo: 930 nuevos soles.

Número de sueldos por año: 14

Costo anual del personal:  $930 * 14 = 13020$  *nuevos soles*

Se analizará el flujo de caja con una proyección de 8 años.

**Tabla 15.** Flujo neto de la caja de inversión (Morales, 2019)

Flujo de caja e indicadores financieros para invertir				
PRESTAMO	PAGO DE INTERÉS	AMORTIZACIÓN	Flujo Caja Neto	Periodo de retorno de inversión
Soles	Soles	Soles		
-18400	-438	18400		
Año	Costo Personal	Beneficio	soles/año	soles/año
	Soles/año	soles/año		
0	0	0	-17624	-17624
1	13020	19687.90	6667.90	-10956.10
2	13020	19687.90	6667.90	-4288.20
3	13020	19687.90	6667.90	2379.70
4	13020	19687.90	6667.90	
5	13020	19687.90	6667.90	
6	13020	19687.90	6667.90	
7	13020	19687.90	6667.90	
8	13020	19687.90	6667.90	
Tasa efectiva anual	8%	anual		
Valor anual Neto, VAN	20 694	S/.		
Tasa Interna de Retorno, TIR	34.25%			
Vida útil estimada	8			
Periodo de retorno de la Inversión PRI (años)	2.64	años		
	31.72	meses		

En la tabla 15 se muestra el flujo de la caja neta de inversión, asimismo se estima un tiempo de vida útil estimada de 8 años. El periodo de retorno de la inversión es de 2.64 años o 31.72 meses, el costo en cuanto a personal por cada año es de 13020 nuevos soles, teniendo un valor anual neto (VAN) de 20 694 nuevos soles siendo mayor a cero, y una interna de retorno de 34.25% siendo mayor a 8%, por lo consiguiente el plan de mantenimiento es viable.



## V. DISCUSIÓN

Al finalizar los cálculos de los indicadores de mantenimiento los equipos de la curtiembre mostraron un incremento en la disponibilidad global de los equipos de 5%, confiabilidad global en 12.74% y mantenibilidad 12.97%. Estos resultados fueron obtenidos después de elaborar el plan de mantenimiento que disminuyeron en gran medida las paradas innecesarias.

Estos resultados se asemejan respecto al trabajo realizado por (Morales, 2019), el autor de esa investigación desarrolló un plan de gestión de mantenimiento basado en una auditoría para mejorar la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, donde determinó un incremento de disponibilidad en 10%, confiabilidad en 24.95% y mantenibilidad en 16.44%.

Para la elaboración del plan de mantenimiento no se obtuvo la documentación con respecto a las tareas de mantenimiento correctivo realizadas con anterioridad, por tal motivo se tuvo que consultar con los técnicos encargados de realizar dichas labores, algunas variaciones en los resultados podrían deberse a estos factores.

Estos resultados obtenidos basados en la metodología RCM en los equipos, implican un gran incremento en la producción del cuero en la curtiembre, disminución de horas de parada, gastos innecesarios por mantenimientos correctivos, reducción de compra de repuestos y un mayor conocimiento de los equipos de la empresa.

Se demuestra que al establecer tareas preventivas en las maquinarias de un proceso productivo se logra incrementar sus indicadores de mantenimiento (disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad), con ello se asegura la operatividad de los equipos.

Los resultados guardan concordancia con la investigación desarrollada debido a que se cumple con la hipótesis manifestando que el plan de mantenimiento incrementará gradualmente la disponibilidad y confiabilidad de los equipos de la curtiembre y de ésta manera reducirá costos en la empresa.

La inversión necesaria para la propuesta del plan de mantenimiento se estimó en S/ 18 400 nuevos soles, éste monto se calculó tomando en cuenta los gastos por mantenimientos preventivos, repuestos e insumos necesarios a tener en almacén, capacitaciones a los técnicos, etc. Asimismo se calculó valor neto actual de S/ 20 694 nuevos soles, una tasa interna de retorno de 34.25%, estos resultados se calcularon a partir del análisis costo beneficio del mantenimiento realizado.

Los resultados se asemejan a la investigación desarrollada por (Chávez et al, 2016) donde determinaron que para la implementación del plan de mantenimiento era necesario una inversión de S/ 52 256 nuevos soles, así mismo calcularon un valor neto actual de S/ 20 276.89 nuevos soles y una tasa interna de retorno de 29.61%, la variación del resultado se debe a que en esta investigación calcularon los gastos proyectándose con mayor número de mejoras en la empresa.

Para la implementación de la propuesta del plan de mantenimiento se tuvo como limitación principal la falta de inversión por parte de los propietarios de la curtiembre, por tal motivo se realizó los cálculos de un préstamo bancario donde se estableció un interés del 8%, el préstamo se proyectó para pagar a 12 meses, asimismo se calcularon el VAN y el TIR, que finalmente demostraron que el plan de mantenimiento era rentable.

Los resultados obtenidos en cuanto a inversión para el desarrollo del proyecto demuestran que invertir dinero en planes de mantenimiento a mediano plazo genera ganancia para la empresa, esto por motivo que aumenta su producción.

Estos resultados obtenidos demuestran concordancia con la hipótesis planteada donde se manifiesta el incremento de disponibilidad y con ello el aumento de horas de funcionamiento de los equipos, así como también la rentabilidad del plan de mantenimiento.

La situación en la cual se desarrollaba el mantenimiento al momento de iniciar el estudio se basaba en mantenimientos correctivos. Se identificó las fallas más frecuentes que generaban pérdidas a la empresa, posteriormente fueron agrupadas en fallas primarias y fallas secundarias para determinar la gravedad que generaban en las máquinas. El mantenimiento correctivo que se estuvo aplicando a las maquinarias de la empresa generaba gastos aproximados de S/ 40 824.55 nuevos soles. Estos gastos fueron calculados a partir de estimar los gastos en repuestos, mano de obra externa y lucro cesante.

Los resultados obtenidos se asemejan a la investigación desarrollada por (Delgado, 2019) donde utilizó una metodología AMEF para identificar los componentes de las maquinarias y las fallas que se presentaban, determinó la inoperatividad de las maquinarias de los equipos de bombeo y logró reducir las horas de parada de 573 a 373 horas, así se logró disminuir la pérdida económica por mantenimientos correctivos que ascendía a S/ 1 217 997.50 dólares.

En la investigación se recolectó información con respecto a los gastos por lucro cesante en las maquinarias y que sirvieron para calcular las pérdidas anuales presentadas durante el periodo 2019. Fue de vital importancia el apoyo de los encargados de mantenimiento y operadores.

Para la curtiembre el ahorro económico por mantenimiento implica una alternativa para incrementar sus ganancias, así como también una forma de conocer un poco más cada equipo con el que cuenta en su proceso productivo.

El resultado de ahorro económico en cuanto a mantenimientos correctivos que se estuvieron desarrollando en la empresa verifica la hipótesis de generar beneficio económico para la curtiembre con respecto a planes de mantenimiento preventivo.

La investigación se inició revisando la situación actual de los equipos en la curtiembre donde se determinó la falta del plan de mantenimiento preventivo, asimismo se identificaron dos equipos con más baja disponibilidad (divididera con 82.9% y descarnadora 89.9%), luego se identificó una mala disposición en las tareas de mantenimiento correctivo, en la empresa no se contaba con el historial de fallas. Se elaboró un plan de mantenimiento preventivo para minimizar las fallas o paradas de las máquinas. Finalmente al terminar de calcular los costos del plan de mantenimiento se obtuvo un retorno de la inversión en 31.72 meses.

Los resultados obtenidos de la investigación desarrollada se asemejan a la investigación realizada por (Villegas, 2016), comenzó su investigación revisando la gestión actual del mantenimiento, luego determinó la falta de capacitación en los técnicos encargados del mantenimiento. Calculó la disponibilidad global de las maquinarias en 64.9%. Propuso una propuesta de gestión de mantenimiento. Al finalizar los cálculos de la propuesta determinó un retorno de inversión de 2 años.

El contar con un plan de mantenimiento preventivo ayuda a la empresa a minimizar costos, de esta manera las tareas preventivas se desarrollarán en un tiempo establecido de acuerdo al programa de mantenimiento.

El resultado de elaborar un plan de mantenimiento preventivo concuerda con la hipótesis planteada al inicio de la investigación, donde se proyectó incrementar gradualmente la disponibilidad de los equipos para de esta manera conseguir las metas de producción en la empresa.

## **VI. CONCLUSIÓN**

1. Se analizó la situación actual de la curtiembre con respecto al mantenimiento realizado encontrando deficiencias en las tareas correctivas realizadas en los equipos. Asimismo se detectó que no se tenía un stock de repuestos en almacén. Los técnicos no se encontraban capacitados para realizar labores de mantenimiento preventivo. En general no existía un mantenimiento preventivo que estuviera bien planificado.
2. Se calculó la disponibilidad y confiabilidad actual de los equipos involucrados en el proceso productivo encontrando 2 equipos con más baja disponibilidad (divididera 82.9% y descarnadora 89.9%). Estos equipos presentaron una confiabilidad de 73.9% y 79.9% respectivamente. Estos equipos obtuvieron un incremento en disponibilidad de 11.8% y 6%. En cuanto a confiabilidad incrementaron su porcentaje en 9.6% y 7.9 respectivamente.
3. Se elaboró el plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM. Para la elaboración del plan de mantenimiento se recolectó información de las fallas más frecuentes del periodo 2019, con la información recolectada se trabajó para determinar las tareas preventivas que disminuyeran las paradas de los equipos. En el plan de mantenimiento elaborado para las 8 máquinas de curtiembre se detalló la frecuencia de las tareas preventivas, el tiempo estimado por cada tarea y el número de veces que se realizaran en el periodo de un año.
4. Para implementar la propuesta del plan de mantenimiento se estimaron los costos, en el análisis se determinó que era necesario una inversión económica de S/ 18 400 nuevos soles. Se realizó un financiamiento bancario donde se determinó un VAN= 20 694 nuevos soles, un TIR= 34.25% y un retorno de inversión de 31 meses. Con estos resultados obtenidos se demostró la rentabilidad del plan de mantenimiento.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda crear formatos para la realización de las tareas preventivas, esto con la finalidad que los técnicos encargados de realizar los trabajos de mantenimiento puedan guardar toda la información con respecto a las actividades que realizan, los repuestos a utilizar y las fechas en las que se realizan las inspecciones.
- En la medida de las posibilidades económicas se recomienda implementar un software de mantenimiento donde se pueda tener almacenada la información de cada maquinaria y asimismo llevar un mejor control de los trabajos realizados.
- Se recomienda la recopilación de información a través de manuales de información donde los técnicos puedan realizar las consultas respectivas referentes a posibles fallas más complejas que se puedan presentar en las maquinarias.

## REFERENCIAS

- ALAVERA, Carol, et al. *Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013*. Lima : Ingeniería industrial (en línea), Mayo 30, 2016, Vol. 34, p. 12. ISSN: 1025-9929.
- ALLALI, Hamid. *Proposal of a plan fleet Maintenance Megalog Vehicle*. Valencia: 2016. p. 11.
- AMENDOLA, Luis. *Organización y Gestión del mantenimiento*. Valencia. : PMM Institute For Learning., 2012.
- AZOY, Andy. *Method for calculating maintenance indicators*. 4, La Habana: Revista Ingeniería Agrícola, 2014, Vol. 4, pp. 45-49. ISSN: 2326-1545.
- BAEZ, Paúl y CARABALLO, Camlett. *Desarrollo de un plan de mantenimiento para una industria textil basado en mantenimiento productivo total utilizando un sistema computarizado*. Caracas: 2004. pp. 18-19.
- BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ. Informe Económico y Social Región La Libertad. Trujillo: 2013, p. 121.
- BERGER, Esther, NUÑEZ, Luis y YARÍN, Anwar . *Análisis de la confiabilidad del sistema de molienda en una planta concentradora, basado en la criticidad*. Lima: Industrial Data, Junio 2014, Vol. 17, pp. 56-64. ISSN: 1560-9146.
- BUELVAS, Camilo y MARTINEZ, Kevin. *Elaboración de plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L*. Barranquilla: 2014. pp. 19-23.
- CALDERÓN, Jesús. *Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa Metalpar S.A.S*. Colombia: 2018. p. 14.
- CASAS, Raúl. *Propuesta de plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos críticos de la empresa Terminales Portuarios Peruanos S.A.C en el ao 2017*. Lima: 2017. p. 12.
- CEDEÑO, Erick, ARÉVALO, Lisset y LEÓN, Oscar. *Impact logistics-technique study of generating predictive maintenance in SMEs in Milagro, Ecuador.2*, Ecuador: Revista Ciencia e Investigación., junio 15, 2016, Vol. 1, pp. 7-15. ISSN:2528-8083.
- CUBA, Cesar. *Propuesta de mejora para incrementar la disponibilidad de los equipos en el proceso de teñido, a travez de un plan de mantenimiento en una empresa textil peruana*. Lima: 2018. p. 38.
- CUCAITA, Helver. *Preventive maintenance plan for machinery at the company Industrias Real S.A*. Bogotá: 2020. p. 23.

CUERONET, BIBLIOTECA DEL CUERO [En Línea]. 1993 [Fecha de consulta: 05 Agosto 2020]  
Disponible en: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/cueros/htm>.

CHÁVEZ, Hermitáneo y ESPINOZA, Richard. *Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de los equipos de la planta de alimentos de la empresa Minera la Zanja S.R.L.* Cajamarca: 2016. p. 6.

DAQUINTA, Antonio, et al. *A Methodology for Integral Critical Analysis of Sugar Cane Harvesting Machines CASE IH.* 2, s.l.: Revista de Ingeniería Agrícola., 2018, Vol. 8. ISSN: 2227-8761.

DELGADO, Dario. *Propuesta de un plan de mantenimiento en función a la disponibilidad de los grupos de bombeo de la empresa Interagua C.LTDA.* Guayaquil: 2019. p. 14.

DÍAZ, Armando, et al. *Implementation of Reliability Centered Maintenance in electrical transmission companies.*3, La Habana: Revista de Ingeniería Mecánica, 2016, Vol. 19, pp. 137-142. ISSN: 1815-5944.

ESCUADERO, André. *Propuesta de un programa maestro de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos en la empresa Productos Industriales del cuero S.A.C - Trujillo.* Trujillo: 2016. p. 3.

ESPÍN, Hugo y CABRERA, Andrés. *Criticality Analysis and FMEA for Management of Reliability Centered Maintenance.* Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2018, p. 2.

GALLO, Marcos. *Advanced Leather Performance* [en línea] 2019. Fecha de consulta: 16 de octubre 2019. Disponible en: [www.es.scrib.com/document/365899790/Equipos-y-Maquinaría-Para-Curtiembre](http://www.es.scrib.com/document/365899790/Equipos-y-Maquinaría-Para-Curtiembre)

GARCÍA, Esteban. *Gestión de mantenimiento para la operatividad de la maquinaria de movimientos de tierras ICCGSA en la vía HUANCAYO - AYACUCHO.* HUANCAYO: 2017.

GARCÍA, Santiago. *Ingeniería de mantenimiento.* Madrid.: 2012, p. 1.

GARCÍA, Santiago. *Organización y Gestión integral del mantenimiento.* Madrid.: 2003.

GOBLE, William. *Control Systems Safety Evaluation and Reability.* North Carolina: International Society of Automation , 2010, p. 87.

GONZÁLES, Deyvis, HERNANDEZ, Antihus y SHKILIOVA Liudmila. *Adaptability of tractors Maxxium Marries 150 and New Holland TM-7010 for operations of technical maintance,* La Habana: Revistas Ciencias Técnicas Agropecuarias, junio 2017, Vol. 26, pp. 23-30. ISSN: 1010-2760.

GUALOTO, Mónica y VIZUETE, Diego. *Implementación de un fulón de curtición de cuero para el estudio del proceso de curtido de pieles de especies menores para el laboratorio de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH.* Riobamba: 2016.

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la investigación.* Mexico DF: Mc Graw Hill, 2014.



LOURIVAL, Augusto. *Administración moderna del mantenimiento*. Brasil: Novopolo, 1999. pp. 53-56.

MALDONADO, Ronald y GRAZIANI, Lucía. *Herramientas estadísticas de la calidad para la diagnosis: estudio de un caso de la industria de productos cárnicos*. 10, Caracas: Asociación interciencia, Octubre 2007, Vol. 32, pp. 707-711. ISSN: 0378-1844.

MARRERO, Rogej, VILALTA, José y MARTÍNEZ, Edith. *Model diagnostic-maintenance planning and control*. 2, La Habana: Ingeniería Industrial, Agosto 01, 2019, Vol. 40. ISSN: 1815-5936.

MARTINEZ, sandra y ROMERO, Jonathan. *Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un analisis de su competitividad*. Colombia: Junio 2018, Vol. XXVI, p. 115.

MAYA, Jhonny. *Application of RCM as a strategy of maintenance implementation predictive for the TPM methodology*. Medellín.: 2018. p. 21.

MESA, Dario, ORTIZ, Yesid y PINZÓN, Manuel. *La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimineto*. 155-160, Colombia: UTP, 2006, Vol. 1.

MONTALBAN, Edith, ARENAS, Erika, TALAVERA, Marianela y MAGAÑA, Rocio. *AMEF improvement Tool (Analysis of the Mode and Effect of Potencial Failure) as a living document in a operational area. Company application experience supplier of te Automotive Industry*. 5, Querétaro: Revista de Aplicaciones de la Ingeniería., Diciembre 2015, Vol. 2, pp. 230-240.

MORALES, Oswaldo. *Plan de gestión de mantenimiento preventivo en base a auditoria en curtiembre Piel Trujillo SAC para aumentar disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de equipos y reducir costos de fallas*. Trujillo: 2019. p. 75.

MOYA, Mauricio. Tannery Machine [2016] [fecha de consulta: 20 Noviembre 2019] Disponible en: [www.cueronet.com/flujograma/index.htm](http://www.cueronet.com/flujograma/index.htm).

ORTIZ, Alexis, IZQUIERDO, Henry y RODRIGUEZ, Carlos. *Gestión de mantenimiento en pymes industriales*. 61, Maracaibo: Revista Venezolana de Gerencia, Marzo 2013, Vol. 18, pp. 86-104. ISSN: 1315-9984.

PARRA, Carlos y CRESPO, Adolfo. *Técnicas de ingeniería de mantenimiento y Fiabilidad aplicadas en el proceso de gestión de activos*. Colombia: 2012. pp. 18-20.

PASTOR, Cinthya. *Maintenance as a tool for get infrastructure hig quality and durability*. 772, Latinoamerica: 2019.

PENABAND, Laksmi, et al. *Disposición y disponibilidad como indicadores para el transporte*. 4, La Habana : Revista de Ciencias Técnicas Agropecuarias, Octubre 2016, Vol. 25, pp. 64-73. ISSN: 1010-2760.

PESANTEZ, Alvaro. *Elaboración de un plan de mantenimiento Predictivo y Preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo de una empresa empaadora de Camaron*. Guayaquil: 2007.

PUELLES, Joseph. *Propuesta de mejora a través de un sistema de control y análisis de la producción en la curtiembre comercializadora y servicios Trujillo S.A.C. para aumentar la rentabilidad*. Trujillo: 2016. p. 2.

RAMOS, Julio. *Aumento de la disponibilidad mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a las maquinarias de la empresa Atlanta Metal Drill S.A.C*. Trujillo: 2017. p. 21.

ROMERO, Yuber. *Elaboración de programa de mantenimiento para incremento de disponibilidad de equipos de flota en una empresa comunal*. Arequipa: 2019. p. 14.

SALGADO, Yorlandys, MARTÍNEZ, Alfredo y SANTOS, Ariel. *Programación del mantenimiento preventivo de generadores de sistemas de potencia con presencia eólica*. 3, La Habana : Revista de Ingeniería Energética, Diciembre 2018, Vol. XXXIX, pp. 157-167. ISSN: 1815-5901.

SÁNCHEZ, Ana. *Técnicas de mantenimiento predictivo, metodología de aplicación en las organizaciones*. Bogotá: 2017. p. 11.

SILVA, Isaac, et al. *Design of preventive maintenance plan for the workshops of the CIES Sena Regional Norte de Santander center using AMEF methodology*. 18, Cúcuta: MundoFesc, 2019, Vol. 9, pp. 36-46. ISSN: 2216-0353.

TIGLLA, Darlin. *Corrective maintenance of the hydraulic system of a 650 cfm INGERSOLL RAND COMPRESSOR*. Quito: 2019. p. 4.

TRONCOSO, Mayra y ACOSTA, Hector. *El mantenimiento en la confiabilidad y disponibilidad de un sistema de generación de vapor*. 2, La Habana : revistaim@mecánica.cujae.edu.cu, Agosto 2011, Vol. 14, pp. 140-150. ISSN: 1815-5944.

VALDIVIEZO, Gilmer. *Incremento de la disponibilidad de la flota vehicular de la empresa Valdiviezo S.R.L implementando un programa de mantenimiento*. Trujillo: 2017. p. 17.

VÁSQUEZ, Jonathan. *Sistema de gestión de mantenimiento basado en el riesgo para aumentar la confiabilidad de la maquinaria pesada de la Empresa Representaciones y Servicios Técnicos América S.R.L*. Trujillo. Trujillo: 2016. p. 8.

VILLEGAS, Juan. *Propuesta en la mejora de gestión del área de mantenimiento para la optimización del desempeño de la empresa MANFER SRL*. CONTRATISTAS GENERALES. Arequipa: 2016. p. 4.

ZORRILLA, Yonathan y ALIAGA, Luis. *Aplicación del RCM en maquinarias pesadas, para optimizar la disponibilidad de las máquinas y elevar el nivel de producción en la empresa administrativo Chungar*. Huancayo: 2010. pp. 78- 81.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Mantenimiento preventivo	Son tareas programadas con la finalidad de evitar posibles fallas o paradas que retrasen el proceso de producción.	Grupo de tareas coordinadas y direccionadas a la eficiencia de los mantenimientos planificados.	Recopilación de fallas. Establecer tareas preventivas. Definir tiempos de ejecución.	Razón
Disponibilidad	Posibilidad que un equipo pueda estar en funcionamiento en el momento requerido.	Es la división del tiempo promedio entre fallas entre el tiempo promedio entre fallas más el tiempo promedio para reparar.	$D = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR}$	Razón
Confiabilidad	Posibilidad que un equipo realice su función en un tiempo establecido sin presentar fallas.	Es el valor neperiano elevado al exponente negativo de la tasa de fallas por el tiempo programado entre cien.	$C = e^{\frac{-\lambda * t}{100}}$	Razón

## Anexo 2. Validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos.



### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

Título de Tesis: "PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA CURTIEMBRE"

ITEM	CRITERIOS A EVALUAR						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)										
	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>												
	Si	No	Si	No	Si	No											
1	✓		✓		✓												
2	✓		✓		✓												
3	✓		✓		✓												
4	✓		✓		✓												
Aspectos Generales					Si	No	<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>										
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario.					✓												
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación.					✓												
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems a añadir.					✓												
VALIDEZ																	
APLICABLE					NO APLICABLE												
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES																	

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable Y/o dimensión.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

#### DATOS GENERALES DEL EXPERTO

Apellidos y nombres : Silva Chávez Aldo Alonso  
Profesión : Ing. Mecánico Electricista  
Especialidad : Ing. Mecánica Eléctrica

  
ALDO ALONSO  
SILVA CHAVEZ  
Ingeniero Mecánico Electricista  
CIP N° 233143

**Anexo 3.** Autorización de aplicación del instrumento.

**CONSTANCIA DE OBTENCIÓN DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA  
ELABORACIÓN DE TESIS**

**A QUIEN CORRESPONDE:**

Por la presente dejamos constancia que el señor **SANTOS EDUARDO SILVA COTRINA**, identificado con DNI N° 44999961, se le está brindando toda la información referente a los costos, operación y mantenimiento de las maquinarias de la empresa Curtiembre Boreal S.A.C.

Basado en el único objetivo de desarrollar la tesis que lleva por título "**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA CURTIEMBRE**"

Otorgamos la presente constancia a solicitud del interesado para fines prescritos.

Jueves, 30 de julio del 2020

  
**CURTIEMBRE BOREAL S.A.C.**  
GERENTE GENERAL

**Anexo 4.** Determinación de la frecuencia de fallas en los equipos.

Fallas	Frecuencia de fallas			
	Siempre	Regular	A veces	Nunca
Desgaste de rodamientos	X			
Desgaste de chumaceras		X		
Aceite hidráulico en mal estado			X	
Rotura o desgaste de fajas		X		
Filtro hidráulico deteriorado			X	
Desgaste en las cuchillas de corte	X			
Rotura de tubería de agua			X	
Recalentamiento de bobinado del motor eléctrico		X		
Pérdida de presión de aire			X	
Fajas desgastadas		X		
Fugas de aceite en el cabezal		X		
Salida de aire con agua del compresor	X			
Pérdida de presión del sistema hidráulico		X		
Disminución de fuerza en el motor			X	
Desplazamiento inadecuado del montacargas			X	
Sistema de dirección defectuoso		X		
Pérdida de presión en la bomba			X	
Mal funcionamiento del motor eléctrico			X	
Ejes de chumaceras deteriorados		X		
Desgaste de cuchillas de rebajar		X		
Llaves cuchillas en el tablero corroídas			X	
Moto reductor trabado			X	
Desgaste en los rodamientos de los rodillos		X		
Botonera de pie en mal estado			X	

**Anexo 5.** Inspecciones a las máquinas antes del plan de mantenimiento

	<b>Cada día</b>	<b>Cada semana</b>	<b>Cada mes</b>	<b>Cada 3 meses</b>	<b>Cada 6 meses</b>	<b>Cada año</b>
Divididera	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Botal	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Descarnadora	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Rebajadora	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Secadora	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Bomba centrífuga	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Compresor de aire	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Montacargas	NO	NO	NO	NO	NO	NO

**Anexo 6.** Tiempo de reparación y falla de los equipos de la curtiembre.

	<b>N° fallas</b>	<b>Tiempo de reparación/falla (horas)</b>	<b>Tiempo de reparación (horas)</b>	<b>Tiempo de producción (horas)</b>	<b>Tiempo neto de producción (horas)</b>
Divididera	25	15	375	2191	1816
Botal	16	10	160	2504	2344
Descarnadora	20	11	220	2191	1971
Secadora	18	8	144	2191	2047
Rebajadora	19	10	190	2034.5	1844.5
Bomba centrífuga	17	9	153	2191	2038
Compresor de aire	15	4	60	1565	1505
Montacargas	15	7	105	1878	1773

**Anexo 7.** Ficha de revisión técnica para mantenimiento preventivo.

Ficha de revisión de los equipos					
Equipo:		Fecha:		N° de ficha:	
Modelo:		Indicador		Encargado:	
Código:		Bueno	Deficiente	Tiempo:	

Actividades de mantenimiento realizadas				
N°	Descripción de la actividad	Repuestos	Herramientas	Indicador

Observaciones